

GESELLSCHAFT
FÜR INFORMATIK



A. Meyer-Aurich, M. Gandorfer, N. Barta,
A. Gronauer, J. Kantelhardt, H. Floto (Hrsg.)

Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft

Fokus:

**Digitalisierung für landwirtschaftliche Betriebe in klein-
strukturierten Regionen - ein Widerspruch in sich?**

Referate der 39. GIL-Jahrestagung

**18.-19. Februar 2019
Wien, Österreich**

Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)

Lecture Notes in Informatics (LNI) - Proceedings

Series of the Gesellschaft für Informatik (GI)

Volume P-287

ISBN 978-3-88579-681-7

ISSN 1617-5468

Volume Editors

Andreas Meyer-Aurich

Leibniz-Institut für Agrartechnik u. Bioökonomie e.V.

14469 Potsdam, Germany;

Email: ameyer@atb-potsdam.de

Markus Gandorfer

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung

85354 Freising, Germany;

Email: markus.gandorfer@lfl.bayern.de

Norbert Barta

Universität für Bodenkultur

Departement für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Landtechnik,

1190 Wien, Austria;

Email: norbert.barta@boku.ac.at

Andreas Gronauer

Universität für Bodenkultur,

Departement für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Landtechnik

1190 Wien, Austria,

Email: andreas.gronauer@boku.ac.at

Jochen Kantelhardt

Universität für Bodenkultur, Institut für Agrar- und Forstökonomie

1180 Wien, Austria

Email: jochen.kantelhardt@boku.ac.at

Helga Floto

GIL-Geschäftsstelle, 73730 Esslingen, Germany,

Email: gil.floto@gmail.com

Series Editorial Board

Heinrich C. Mayr, Alpen-Adria-Universität Klagenfurt, Austria
(Chairman, mayr@ifit.uni-klu.ac.at)
Torsten Brinda, Universität Duisburg-Essen, Germany
Dieter Fellner, Technische Universität Darmstadt, Germany
Ulrich Flegel, Infineon, Germany
Ulrich Frank, Universität Duisburg-Essen, Germany
Michael Goedicke, Universität Duisburg-Essen, Germany
Ralf Hofestädt, Universität Bielefeld, Germany
Wolfgang Karl, KIT Karlsruhe, Germany
Michael Koch, Universität der Bundeswehr München, Germany
Thomas Roth-Berghofer, University of West London, Great Britain
Peter Sanders, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Germany
Andreas Thor, HFT Leipzig, Germany
Ingo Timm, Universität Trier, Germany
Karin Vosseberg, Hochschule Bremerhaven, Germany
Maria Wimmer, Universität Koblenz-Landau, Germany

Dissertations

Steffen Hölldobler, Technische Universität Dresden, Germany

Thematics

Andreas Oberweis, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Germany

© Gesellschaft für Informatik, Bonn 2019

printed by Köllen Druck+Verlag GmbH, Bonn



This book is licensed under a Creative Commons BY-SA 4.0 licence.

Vorwort

Die Jahrestagung 2019 der Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft (GIL) findet zum ersten Mal im benachbarten Ausland statt! Damit verbunden ist die Idee, die GIL zu öffnen und einen weiteren Kreis für die GIL zu begeistern. Die Tagung verfolgt in diesem Jahr das Leitthema „Digitalisierung für landwirtschaftliche Betriebe in kleinstrukturierten Regionen - ein Widerspruch in sich?“ Digitalisierung gehört ohne Zweifel zu den Megatrends in der Landwirtschaft. Offene Fragen fokussieren insbesondere auf die Auswirkungen der Digitalisierung und die Akzeptanz digitaler Technologien in der Landwirtschaft. Für kleinstrukturierte Regionen bieten sich spezifische Chancen und ggf. Problemlagen, die bisher noch wenig untersucht sind. Innovative Ideen müssen sich hinsichtlich Funktionalität, Kosten und Benutzerkompatibilität bewähren. Hoffnungen werden in Effizienzgewinne auf Betriebsebene, in reduzierte Umweltbelastungen und bessere Tiergesundheit und damit gesteigertes Tierwohl gesetzt. Digitale Innovationen sollen schlussendlich z.B. durch Transparenz und Nachvollziehbarkeit für eine höhere gesellschaftliche Akzeptanz landwirtschaftlicher Produktionsverfahren sorgen. Damit stellt sich die Frage nach tragfähigen Konzepten, um speziell in Regionen mit kleinen Betriebsstrukturen einen Mehrwert digitaler Technologien zu schaffen und deren Entwicklungen zu fördern. Solche Konzepte erfordern Anstrengungen aller beteiligter Akteure und Stakeholder. Ansatzpunkte sind Ideen wie „Precision Farming Light“ oder "cloud-basierte" Systeme, welche die gemeinsame Maschinennutzung, die Nutzung von Dienstleistungen und der in den Prozessen gewonnenen Daten sowie die regionale Direktvermarktung vereinfachen. Auch die Entwicklung autonomer Feldrobotik kann in Zukunft arbeitsintensive Prozesse erleichtern und angepasst an kleine Agrarstrukturen diese am digitalen technischen Fortschritt teilhaben lassen.

Die GIL-Jahrestagung 2019 in Wien widmet sich vielen der angesprochenen Aspekte und bietet ein professionelles Diskussionsforum. Das Leitthema der Jahrestagung 2019 ist auf sehr gute Resonanz gestoßen. Aus 69 eingereichten Abstracts konnte nach einem zweistufigen Begutachtungsverfahren ein anspruchsvolles Tagungsprogramm mit 49 wissenschaftlichen Beiträgen erstellt werden. Besonders positiv ist, dass sehr viele Papiere das Leitthema der Tagung mit originellen und innovativen Beiträgen direkt adressieren. Unser Dank geht schließlich an die Autoren, die Vortragenden und die Gutachter für ihr Engagement, an die Sponsoren für ihre materielle Unterstützung und all diejenigen, die an der Organisation der Tagung aktiv mitgewirkt haben.

Freising, im Januar 2019

Für die Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft e.V.:
PD Dr. Markus Gandorfer, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
PD Dr. Andreas Meyer-Aurich, Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V.

Für das Programm- und Organisationskomitee der GIL-Jahrestagung 2019:
Prof. Dr. Andreas Gronauer, Universität für Bodenkultur
Dr. Norbert Barta, Universität für Bodenkultur

Sponsoren

Wir danken den folgenden Unternehmen für die Unterstützung der Konferenz.

Amazonen Werke H. Dreyer
GmbH & Co. KG
49205 Hasbergen-Gaste
Deutschland



dawin® gmbh
53842 Troisdorf
Deutschland

dawin®

Die Österreichische
Hagelversicherungen VVaG
1080 Wien
Österreich



Pessl Instruments GmbH
8160 Weiz
Österreich



STEYR Traktoren
CNH Industrial Österreich
GmbH
4300 St. Valentin
Österreich



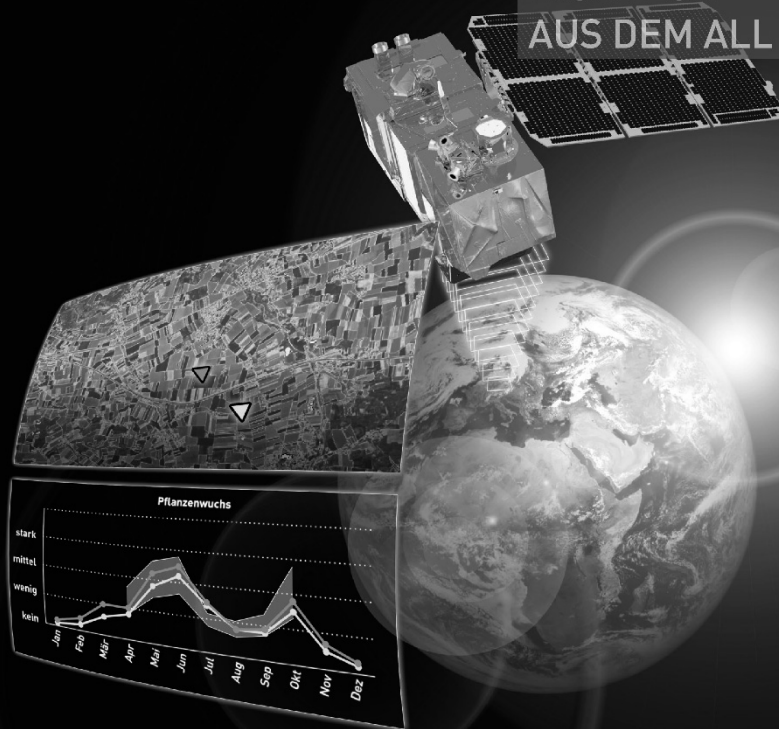
TRASER Software GmbH
24118 Kiel
Deutschland



Smartbow GmbH
4675 Weibern
Österreich



HIGHTECH
AUS DEM ALL



Geht mein Getreide auf? Wo soll ich düngen? Wie kann ich meinen Ertrag verbessern?

Oft fehlt für die richtige Entscheidung der Blick aufs Ganze. Das **SATELLITEN-SERVICE** liefert modernste und einzigartige Vegetationsdaten zum Monitoring von Agrarflächen.

www.hagel.at

Die Österreichische
Hagelversicherung 

Wir sichern, wovon Sie leben.

the future of mobile data collection



Als erste hands- and eyes-free Bonitursoftware ermöglicht smatrix die Datenerfassung per Sprache. Die Sprachassistenzsoftware smatrix hört Ihnen zu und erfasst Ihre Feld- und Boniturdaten direkt in digitale Tabellen. Sprechen Sie unsere Experten auf der Tagung an. Wir freuen uns auf Sie.

Ab Frühjahr 2019 auch als
Android-Variante erhältlich!

10 Gründe für smatrix

- | | |
|---|--|
| Sehr hohe Zeitersparnis | Extrem hohe Genauigkeit der Spracherkennung |
| Verbesserung der Datenqualität | Unempfindlich gegenüber Nebengeräuschen wie z.B. Arbeitsmaschinen, Gespräche von Kollegen etc. |
| Kosteneinsparungen | Verfügbar in 5 Sprachen (DE, EN, FR, ES, IT) |
| Datenerfassung im Feld – „hands and eyes free“ – sofort digital | Keine Probleme mit lokalen Dialekten / Akzenten |
| Kein Fokuswechsel zw. Bonitur und Dokumentation | Kein umfangreiches Sprachtraining notwendig – geringe Einarbeitungsphase |

dawin gmbh • Belgische Allee 50 • 53842 Troisdorf • info@dawin.de • www.dawin.de

Programmkomitee

Dr. Thomas Anken	Agroscope, Tänikon, Schweiz
Prof. Dr. Heinz Bernhardt	Technische Universität München, Deutschland
Karsten Borchard	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Deutschland
Prof. Dr. Michael Clasen	Hochschule Hannover, Deutschland
Dr. Georg Fröhlich	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, Deutschland
Prof. Dr. Hans W. Griepentrog	Universität Hohenheim, Deutschland
Prof. Dr. Dirk Hinrichs	Universität Kassel, Deutschland
Dr. Christa Hoffmann	Landesanstalt für Schweinezucht, Boxberg, Deutschland
Prof. Dr. Andreas Gronauer	Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich
Prof. Dr. Jochen Kantelhardt	Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich
Dr. Norbert Barta	Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich
Dr. Pablo Rischbeck	Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich
Dr. Jürgen Karner	FHWN Josephinum, Wien, Österreich
Franz Handler	BLT Josephinum, 3250 Wieselburg, Österreich
Prof. Dr. Wolfgang Lentz	Hochschule für Technik u. Wirtschaft Dresden, Deutschland
Daniel Martini	KTBL, Darmstadt, Deutschland
Dr. Susanne Otter-Nacke	Firma Claas, Harsewinkel, Deutschland
Prof. Dr. Guido Recke	Hochschule Osnabrück, Deutschland
Prof. Dr. Arno Ruckelshausen	Hochschule Osnabrück, Deutschland

Organisationsteam

Dr. Norbert Barta	Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich
Ass. Prof. Dr. Alexander Bauer	Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich
Univ. Prof. Andreas Gronauer	Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich
Univ. Prof. Jochen Kantelhardt	Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich
Dr. Jürgen Marchart	FFoQSI GmbH, 3430 Tulln, Österreich
PD Dr. Markus Gandorfer	1. GIL-Vorsitzender, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, Deutschland
PD Dr. Andreas Meyer-Aurich	2. GIL-Vorsitzender Leibniz-Institut für Agrartechnik u. Bioökonomie e.V., Potsdam, Deutschland
Helga Floto	GIL-Geschäftsführerin, Esslingen, Deutschland

Referate

Katharina Albrecht, Daniel Martini, Mario Schmitz <i>Linked Open Data im Pflanzenschutz</i>	19
Ansgar Bernardi, Christian Reuter, Wolfgang Schneider, Sebastian Linsner, Marc-André Kaufhold <i>Hybride Dienstleistungen in digitalisierten Kooperationen in der Landwirtschaft – eine Forschungsagenda</i>	25
Jan-Hendrik Buhk, Hans-Hennig Sundermeier <i>Düngungsplanung mit gemischt-ganzzahliger Linearer Programmierung: bedarfsgerecht, betriebsspezifisch, kostenminimal und verordnungskonform</i>	31
Iuliia Cherednyk, Mario Jenz, Kim Möller, Dominik Nieberg, Arno Ruckelshausen <i>LiDAR- und Lichtschattensensor-basierte Sensordatenfusion zur feldbasierten Phänotypisierung von Getreide</i>	37
Magdalena Dotzler, Sebastian A. Pauli, Elisabeth Becker, Wolfgang Angermair, Heinz Bernhardt <i>Anforderungen an eine Webanwendung zur satellitengestützten Entscheidungsfindung und optimierten Bewirtschaftung im Grünland</i>	43
Chris Eicke, Daniel Schirmer, Marco Iezzi, Andreas Daum, Manfred Krause <i>Automatisierte Steuerung von virtuellen Biogas-Kraftwerksverbänden für den netzorientierten Betrieb</i>	47
Franziska Fiege, Bettina Hundt, Alexander Ellebrecht, Marc Boelhaue <i>Entwicklung und Implementierung des FlexScreen-Tools zur besseren Datenerfassung in schweinehaltenden Betrieben und zum Monitoring von Tierbeständen unter besonderer Berücksichtigung der mikrobiellen Belastung</i>	53
Georg Fröhlich, Michael Stiller, Dhavalkumar Shekhada, Javier Morgade <i>Ressourcenadaptives mobiles Assistenzsystem für komplexe Landmaschinen</i>	59
Hans W. Griepentrog, Martin Weis, Hansjörg Weber, Wolfgang Schneider <i>Maschinenring Digital (MR digital)</i>	65
Lukas Hauer, Martin Wischenbart, Lukas Handl, Michael Datzberger, Peter Prankl, Franz Handler, Stefan Polly <i>Geo-Informationen-Systeme für teilflächenspezifische Bewirtschaftungsmethoden zur Effizienzsteigerung und Ökologisierung in der österreichischen Landwirtschaft (GIS-ELA)</i>	71

Franz Hillerbrand, Maximilian Treiber, Josef Bauerdick, Heinz Bernhardt <i>Robotik in der Außenwirtschaft</i>	77
Anna Iversen <i>Marketing strategies of the German farm management information systems startups that reached critical mass</i>	83
Michael Iwersen, Laura Lidauer, Alexandra Berger, Wolfgang Auer, Dana Kathrin Tomic, Michael Schrefl, Dmitry Efrosinin, Valentin Sturm, Erika Gusterer, Marc Drillich, Martin Wischenbart <i>Das „agriProKnow“- Projekt</i>	89
Ritu Raj Jaitawat, Dillip Kumar Swain, Heinz Bernhardt <i>Irrigation and Nitrogen Management for Sustainable Potato Production under Climate Change Scenario: A Simulation Study</i>	95
Yusuf Nadi Karatay, Andreas Meyer-Aurich <i>Standortangepasstes N-Düngemanagement im Weizenanbau als Klimaanpassungsmaßnahme bei zunehmend variierender N-Versorgung aus dem Bodenvorrat</i>	101
Yusuf Nadi Karatay, Andreas Meyer-Aurich, Uwe Hunstock, Tommaso Stella, Claas Nendel <i>Kosteneffiziente Vermeidung von Treibhausgasemissionen durch Düngereduktion: standortspezifische Analyse mit simulierten Ertragsfunktionen</i>	107
Arndt Kritzner, Jens Teichmann <i>Software-Komponentenmodell für ein multikonnectives Maschinen-Kommunikationsmodul</i>	113
Sebastian Linsner, Rashmi Varma, Christian Reuter <i>Vulnerability Assessment in the Smart Farming Infrastructure through Cyberattacks</i>	119
Andreas Linz, Joachim Hertzberg, Jan Roters, Arno Ruckelshausen <i>„Digitale Zwillinge“ als Werkzeug für die Entwicklung von Feldrobotern in landwirtschaftlichen Prozessen</i>	125
Franz-Xaver Maidl, Andreas Spicker, Andreas Wenig, Kurt-Jürgen Hülsbergen <i>Ableitung des teilflächenspezifischen Kornertrags von Getreide aus Reflexionsdaten</i>	131
Kristina Maschat, Laura Lidauer, Alexandra Berger, Magdalena Sigler, Thomas Potrusil, Wolfgang Auer, Maciej Oczak, Johannes Baumgartner, José Maria Chapa-Gonzalez, Marc Drillich, Michael Iwersen <i>Akzelerometer-basierte Erfassung von Basisverhalten zur Verbesserung von Tiergesundheit, Tierwohl und Herdenmanagement</i>	135

Marius Michels, Wilm Fecke, Paul Johann Weller von Ahlefeld, Oliver Mußhoff, Andreas Heckmann, Frank Benke <i>Zahlungsbereitschaft deutscher Landwirte für eine Schulung zur Digitalisierung.....</i>	<i>141</i>
Anahita Nafissi, Fabian Weckesser, Ingmar Kessler, Markus Rickert, Matthias Pfaff, Sebastian Peisl, Michael Beck <i>Wissensbasierte digitale Unterstützung in der Pflanzenbauberatung.....</i>	<i>145</i>
Johanna Pfeiffer, Sebastian Schleicher, Andreas Gabriel, Markus Gandorfer <i>Gesellschaftliche Akzeptanz von Digitalisierung in der Landwirtschaft.....</i>	<i>151</i>
Franziska Potts, Jens-Peter Loy <i>Markt-Info-App (MIA)</i>	<i>155</i>
Elisabeth Quendler, Ursula Freisler, Sophie Schaffernicht, Christoph Winckler, Thomas Bauer <i>Validierung der Accelerometer- und GPS-gestützten Erfassung des Verhaltens sowie des Aufenthaltsbereichs von Pferden in Offenlaufställen.....</i>	<i>161</i>
Guido Recke, Lena Wortmann, Ulrich Enneking, Victoria Wende <i>Direktvermarktung über eine Marktschwärmerei - Ergebnisse aus Experten- und Verbraucherbefragungen.....</i>	<i>167</i>
Ron Reckin, Christin Röpert, Isabell Kuhpfahl, Anke Fiedler, Eckart Kramer <i>Mitarbeiter- und ressourcenorientierte Softwareeinführung.....</i>	<i>171</i>
Christian Reuter, Wolfgang Schneider , Daniel Eberz <i>Resilient Smart Farming (RSF) – Nutzung digitaler Technologien in krisensicherer Infrastruktur.....</i>	<i>177</i>
Tanja Riedel, Zvonimir Peric, Stephan Estel, Christoph Federle, Aurelia Maria Moanta , Christian Bartolein, Daniel Martini, Katharina Albrecht, Peter Horney, Burkhard Golla <i>Digitalisierung in der Landwirtschaft – Einsatzmöglichkeiten von digitalen Höhenmodellen zur Umsetzung von Hangauflagen im Pflanzenschutz</i>	<i>183</i>
Peter Riegler-Nurscher, Johann Prankl, Jürgen Karner <i>Beurteilung der Schnittqualität von Schneid- und Mähwerken mittels photogrammetrischer Methode.....</i>	<i>189</i>
Sophie Schaffernicht, Madeline Eichner, Elisabeth Quendler <i>Nutzung digitaler Analysehilfsmittel zur nachhaltigen Inklusion von Menschen mit Behinderung in den Gartenbau.....</i>	<i>193</i>
Michael Schmid, Heinz Bernhardt <i>Einsparpotentiale der Rohmilchlogistik durch Standardisierung der Milchsorte innerhalb eines Milcheinzugsgebietes.....</i>	<i>199</i>

Michael Schmid, Heinz Bernhardt <i>Rentabilität der Rohmilchkonzentration im Milcheinzugsgebiet bei unterschiedlichen Transportentfernungen</i>	205
Sirkka Schukat, Ludwig Theuvsen, Heinke Heise <i>IT in der Landwirtschaft: Mit einheitlichen Definitionen zu einheitlichem Verständnis</i>	211
Sirkka Schukat, Ludwig Theuvsen, Esben Schukat, Heinke Heise <i>Die vier industriellen Revolutionen im Kontext der Landwirtschaft</i>	217
Sören Schulte-Ostermann, Peter Wagner <i>Ökonomische Effekte von Informationsverlusten im Hinblick auf die Düngung von Phosphor</i>	223
Dorothee Schulze Schwering, Achim Spiller <i>Zukunftsperspektiven von Online-Shops in der landwirtschaftlichen Vorleistungsindustrie - eine Analyse aus der Perspektive von Landwirten</i>	227
Katrin Schütz, Marcus Mergenthaler <i>Neue Informations- und Kommunikationstechnologien für regionale Lebensmittel am Point of Sale</i>	233
Katrin Schütz, Larissa Verfürth, Miriam Kramer, Anne Thönnissen, Nicole Tücking, Marc Boelhauve, Marcus Mergenthaler <i>Akzeptanz eines Herdenmanagement-Programms für PC und Smartphone auf rinderhaltenden Betrieben</i>	239
Christoph Sinn, Burkhard Golla <i>getDist4Agri - ein Webservice zur Ermittlung abstandsrelevanter Landschaftsstrukturen für den PSM Einsatz</i>	245
Thoralf Stein, Tobias Henschel <i>Potentiale von Open Data für die Effizienzsteigerung von mobilen Arbeitsmaschinen</i>	251
Georg Supper, Christian Aschauer, Andreas Gronauer, Norbert Barta <i>Planung und Entwicklung einer mobilen, autonomen Roboterplattform für pflanzenbauliche Anwendungen</i>	257
Beat Vinzent, Maria Maidl, Stefanie Münster, Markus Gandorfer <i>Überbetrieblicher Einsatz eines Sensorsystems zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung</i>	263
Cord-Friedrich von Hobe, Marius Michels, Wilm Fecke, Oliver Mußhoff, Paul Johann Weller von Ahlefeld <i>Wie kommunizieren Landwirte in Zeiten der Digitalisierung?</i>	269

Maximilian Waltmann, Nicola Gindele, Reiner Doluschitz <i>Ökonomische Parameter in Precision Agriculture – Strukturelle Anforderungen und Wirkungen in Deutschland.....</i>	275
Jochen Georg Wiecha, Heinz Bernhardt <i>Digitale Plattform zur Parasitenbekämpfung</i>	281
Jochen Georg Wiecha, Kathrin Lina Martha Ziegler, Heinz Bernhardt <i>Digitale Interpretation des Tierwohls während Transportfahrten mit Schweinen.....</i>	287
Michael Wörle, Tobias Gaugler <i>„Weniger ist mehr“: Optimierte Düngemittelplanung bei simultaner Steigerung der Gewinnmarge kleiner und mittlerer landwirtschaftlicher Betriebe</i>	293

Linked Open Data im Pflanzenschutz

Maschinenlesbare Bereitstellung der notwendigen Informationen zu Indikationen und Abstandsauflagen

Katharina Albrecht¹, Daniel Martini¹ und Mario Schmitz¹

Abstract: Die Berücksichtigung von Abstandsauflagen ist essenziell für die richtige Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der guten fachlichen Praxis. Allerdings verlangt die Einhaltung dieser Auflagen ein erhöhtes Maß an Sorgfalt und eine regelmäßige Kontrolle der Auflagentexte. Um den Landwirt bei der sachgerechten Anwendung von Pflanzenschutzmitteln zu unterstützen, wurde im PAM-Projekt das Entscheidungshilfesystem für den Landwirt entwickelt. Besonders die Extraktion der Abstandsaufgaben litt unter einer hohen Anzahl von Medienbrüchen, die in der vorliegenden Überarbeitung größtenteils entfernt werden konnten. Um den Abstandsservice produktiv bereitzustellen, wurden standardisierte Tools und Standardvokabular verwendet. Für den bereitgestellten Abstandsservice wurde das Gesamtdatenmodell überarbeitet und der Webservice angepasst.

Keywords: Semantic Web, SPARQL, Linked Data, Pflanzenschutz

1 Einleitung

Im Kontext der Digitalisierung in der Landwirtschaft werden Ansätze des Semantic Web und Linked Open Data (LOD) immer wichtiger. Sie ermöglichen maschinen-, aber auch menschenlesbare Repräsentationen von Daten und unterstützen das Verständnis der Informationen auf der Anwender- sowie die Kommunikation auf der technischen Seite. Durch die Bereitstellung sogenannter Triplestores, also Graphdatenbanken, welche über Webservices abgefragt werden können, wird eine nicht-proprietäre, flexibel erweiterbare Datenhaltung ermöglicht. Dies vereinfacht den Zugriff auf die notwendigen Informationen und erlaubt den Datenbestand durch Integration weiterer Daten für andere Anwendungsfälle zu nutzen.

Für jede vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) freigegebene Pflanzenschutzanwendung existieren Abstandsaufgaben zu Saumstrukturen, Oberflächengewässern und Siedlungen. Jeder Landwirt muss für jeden zu bearbeitenden Schlag diese Abstandsaufgaben ermitteln und in seiner Applikation berücksichtigen. Dies geschieht händisch und ist damit nicht nur aufwendig, sondern auch fehleranfällig, und verlangt damit ein erhöhtes Maß an Sorgfalt und regelmäßiger Überprüfung hinsichtlich Änderungen bei Ablauf des Genehmigungszeitraums, Neuzulassungen oder Änderungen

¹ Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Datenbanken und Wissenstechnologien, Bartningstraße 49, 64298 Darmstadt, k.albrecht@ktbl.de

der Gesetzesentwürfe. Die indikations- und/oder mittelbezogenen Abstandsaufgaben finden sich in der vom BVL bereitgestellten Datenbank.

Für den hier präsentierten Anwendungsfall des Abstandsservice wird diese Datenbank aufbereitet und hierfür das Resource Description Framework (RDF) verwendet, welches mit Hilfe sogenannter Triple bestehend aus Subjekt, Prädikat und Objekt die verschiedensten Datensätze beschreiben kann [Sp15]. RDF eignet sich hervorragend, um relationale Datensätze in ein Semantic-Web-Datenmodell zu übertragen, da hier ein direkter Zusammenhang existiert. [Be09] beschreibt das wie folgt: Das Subjekt ist der Zeileninhalt einer Tabelle der Datenbank, das Prädikat ist abgeleitet vom Spaltennamen und das Objekt der Zellinhalt, allerdings ermöglicht RDF nicht nur eine 1:1-Übertragung der Tabelleninhalte, sondern auch die Definition oder Ableitung von neuen, komplexeren Zusammenhängen, die in Relationalen Datenbanken nicht ohne Weiteres abgebildet werden können.

Das Ergebnis wird dann mithilfe eines Webservices in verschiedenen Formaten entweder weiteren Diensten in maschinenlesbarer Form – beispielsweise zur Berechnung von Applikationskarten – oder dem Anwender über den Webbrowser bereitgestellt, sodass sich auch Landwirte hierüber über Abstandsaufgaben informieren können.

2 Eine Graphdatenbank für Pflanzenschutzmittel

Ein wichtiger Bestandteil des Pesticide Application Managers (PAM), des Entscheidungshilfesystems für Pflanzenschutzmittel-Applikationen [Sc16], ist der vom KTBL bereitgestellte Abstandsservice, welcher die Informationen zu Indikationen, Mitteln, Abständen und Auflagen aus der Pflanzenschutzmittel-Datenbank extrahiert und maschinenlesbar und plattformunabhängig bereitstellt. In [Ma15] und [Ma18] werden die verschiedenen Ansätze und Konzepte dieses Dienstes beschrieben. Besonders im Bereich des Mappings von relationaler Datenbank zur Semantischen Repräsentation gab es in [Ma15] jedoch noch Limitierungen hinsichtlich der vorhandenen und nutzbaren Werkzeuge, sodass das zum R2RML-Standard des W3C [DSC12] konforme Programm db2triples nicht genutzt werden konnte und extra für die Anwendung ein über mehrere Zwischenschritte laufender Konvertierungsablauf implementiert werden musste. Der im Vorgängerprojekt prototypisch programmierte Abstandsservice wurde daher mit dem Ziel, Prozesse zu vereinfachen und die Umsetzung robuster gegenüber Fehlersituationen zu machen, komplett überarbeitet.

2.1 Datenaufbereitung

Als beste Wahl für die Umsetzung des Mappings von relationaler Datenbank zu RDF-Modell wurde in einer am KTBL durchgeführten Masterarbeit das Werkzeug db2triples identifiziert. Allerdings war db2triples bisher nicht mit der verwendeten Datenbank koppelbar, sodass zunächst diese Anbindungen in den Quellcode integriert werden mussten.

Für die neue Umsetzung wurde db2triples nun um die notwendigen JDBC-Schnittstellen für weitere Datenbanken erweitert. Hierdurch können die Daten direkt in RDF-Graphen überführt werden, es muss lediglich eine Mappingbeschreibung gemäß R2RML-Standard erstellt werden. Eine zusätzliche Programmierung ist nicht mehr nötig.

2.2 Datenstruktur

Von der Relationalen Datenstruktur wurde die Graphenstruktur, welche in Abb. 1 dargestellt ist, abgeleitet.

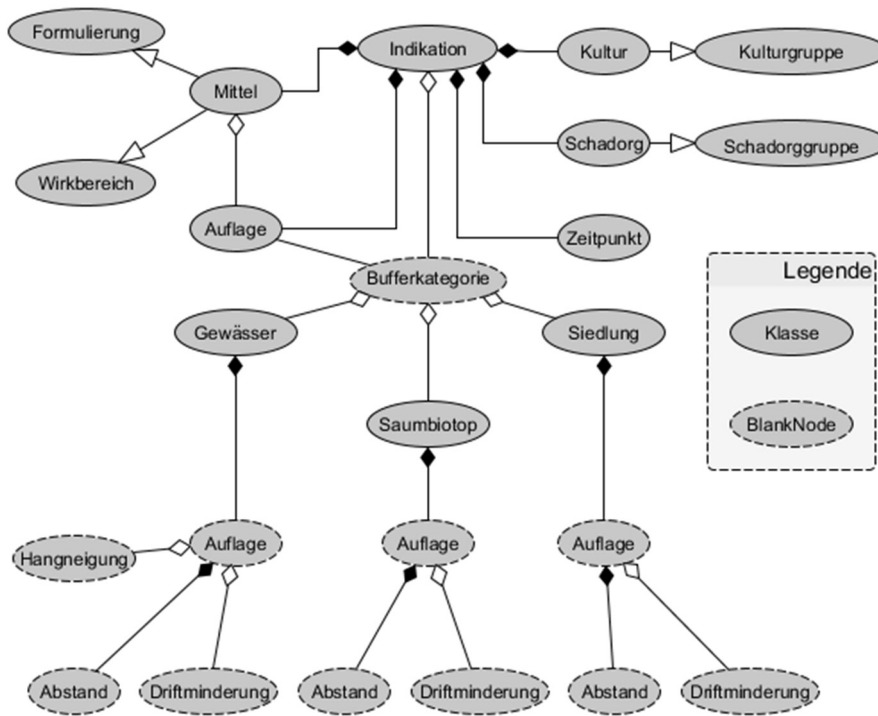


Abb. 1: Übersicht der Graphstruktur, Wurzelknoten Indikation

Die Indikation ist der Wurzelknoten der vorliegenden Datenstruktur, welche die verschiedenen Informationen besitzt. Falls vorhanden, sind zudem die Abstandsaufgaben über den Knoten „Bufferkategorie“ mit der Indikation verbunden. Diese teilt sich auf in die drei Kategorien Gewässer, Saumbiotop und Siedlung, die die jeweiligen Abstände beinhalten. Die Knoten „Abstand“ und „Driftminderung“ enthalten ein menschenlesbares Label z. B. „5 m“, die maschinenlesbare Zahl „5“, die Typbezeichnung „xsd:Integer“ sowie die Ein-

heit „unit:Meter“. Die Informationen über das Vorhandensein im Kleinstrukturenverzeichnis und der Anwendung in einem Gemisch, sowie die verschiedenen Pflanzenaufwuchshöhen der Kulturen werden im jeweiligen Auflageknoten berücksichtigt.

Die Darstellung des Graphen zeigt zwar eine gerichtete Baumstruktur, da der Graph jedoch aus einzelnen Tripeln, also Aussagen besteht, werden „Rückwärts“-Abfragen ermöglicht.

2.3 SPARQL-Endpoint

Für den Webservice wird zunächst ein SPARQL-Endpoint, welcher für Abfragen auf den Triplestore genutzt wird, bereitgestellt. Hierfür wird der Fuseki Service von Apache Jena verwendet [Ap14].

Über die Abfragesprache SPARQL [SP13] können verschiedene Abfragen durchgeführt werden. Zum einen gibt es die Möglichkeit, alle direkten Nachbarinformationen einer Instanz zu ermitteln, dazu wird über das Stichwort „DESCRIBE“ eine Abfrage über den Fuseki auf alle Tripel, welche im Zusammenhang des gesuchten Subjekts existieren, durchgeführt, allerdings kann die Rückgabe je nach SPARQL-Endpoint variieren und ist somit nicht allgemeingültig. Dennoch können über den bereitgestellten Fuseki mit Hilfe der DESCRIBE-Abfrage alle notwendigen Informationen zu einer gegebenen Indikation ermittelt werden.

Allerdings ist es nicht möglich, mit der DESCRIBE-Abfrage den Graphen rückwärts zu durchlaufen. Dazu muss die CONSTRUCT-Abfrage genutzt werden. Mit deren Hilfe wird ein der Anwendung angepasster Graph bzw. Subgraph erstellt und mit diesen Informationen weitergearbeitet. SPARQL ermöglicht eine vielseitige Weiterverwendung der Ressourcen des Triplestores, für eine Vielzahl von Anwendungsfällen. Der beschriebene SPARQL-Endpoint ist aktuell unter <https://daten.ktbl.de/test/pam/sparql> erreichbar. Dort können Abfragen gemäß SPARQL 1.1 Protocol [FW13] mittels HTTP POST- oder GET-Aufrufen abgesetzt werden.

2.4 Webservice

Der Webservice bietet die neue Datenstruktur nicht nur menschenlesbar, sondern auch maschinenlesbar in verschiedenen Datenformaten an. Der Vorgänger-Webservice wurde in [Ma18] vorgestellt. Bisherige Erweiterungen sind eine dateibasierte Konfiguration, um den bisherigen Service leichter erweiterbar für weitere Anwendungsfälle zu machen – wie beispielsweise für den beschriebenen Abstandsservice. Dafür wurde zusätzlich eine vom jeweiligen Datenbestand unabhängige Template-Generierung für die HTML-Seiten der Daten erstellt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Anzahl der Medienbrüche bei der Vorverarbeitung und Bereitstellung der Daten konnte durch Einsatz eines standardkonformen Mappingwerkzeugs deutlich verringert werden. Neue Datenbankanbindungen wurden durch Umsetzung der Schnittstellen in db2triples ermöglicht.

Die Datenstruktur für den LOD-Service beinhaltet auch einige inhaltliche Neuerungen und Verbesserungen: Durch eine Subklassen-Beziehung (`rdfs:subClassOf`) [BG04] der Kulturen und Schadorganismen können nun Hierarchien bidirektional abgeleitet werden. Hiermit ist es möglich, für den Fall, dass ein Mittel oder eine Indikation für die geforderte Kultur nicht zugänglich sind, über den Hierarchiebaum nach Alternativen zu suchen. So kann es beispielsweise sein, dass für den Apfel für den vorhandenen Fall keine Indikation bereitsteht. Nun kann der Anwender eine Hierarchieebene weiter oben, also beim Kernobst überprüfen, ob hier eine passende Indikation bereitgestellt wird, und daraufhin die dortigen abstandsrelevanten Auflagen berücksichtigen.

Die im Vorgängerprojekt nicht berücksichtigten Pflanzenaufwuchshöhen sind ebenfalls abgebildet. Des Weiteren ist es möglich, dem Mittel sowohl eine Formulierung als auch einen Wirkungsbereich zuzuweisen, die ebenfalls in eine Klassenhierarchie eingeordnet sind. Dadurch wird es möglich, in Abfragen gezielt Mittel bestimmter Formulierungs- oder Wirkungsbereichsklassen auszuwählen. Bisher waren diese nur durch ein Label gekennzeichnet.

Auf dieser inhaltlichen und technischen Basis wurde ein RESTful Service aufgesetzt, welcher auf einen SPARQL Endpoint zugreift. Die Graphenstruktur ermöglicht eine freie Abfragestruktur und kann gleichzeitig durch die SPARQL-seitigen vordefinierten oder selbst konstruierten Rückgabestrukturen beliebig genutzt werden. Der Webservice ermöglicht die Abfrage nach Indikationen und deren notwendigen Informationen zur Berücksichtigung der Abstandsauflagen. Bereitgestellt werden die Daten menschenlesbar als HTML oder in maschinenlesbaren Formaten wie Turtle oder Ntriples. Dadurch ist es möglich, die Abstandsauflagen automatisiert und standardkonform auszulesen, was eine leicht umsetzbare Übertragung in Applikationskarten und auf dem Schlepper genutzte Systeme möglich macht. Selbst bei Nichtbestehen der automatischen Übertragungsmöglichkeiten können die Abstandsauflagen leicht extrahiert und weiterverarbeitet werden.

4 Ausblick und Danksagung

Aktuell können Informationen zu Mitteln in der Aufbrauchfrist abgerufen werden, die Erstellung eines Mittelarchivs ist in Bearbeitung. Eine Abbildung und Integration von Hangabstandsauflagen wird berücksichtigt und ist Teil des aktuell durchgeführten Nachfolgeprojektes PAM3D, um durch die Geländetopographie gegebene Bedingungen in Applikationskarten für Pflanzenschutzmaßnahmen berücksichtigen zu können.

Die Weiterentwicklung des Webservice beinhaltet eine angepasste visuelle Darstellung, die Umsetzung von JSON-LD als weiteres Exportformat zur einfacheren Verarbeitung mit gängigen JSON-Bibliotheken oder in JavaScript-basierten Clients. Zudem sind weitere vordefinierte SPARQL-Queries für den Webdienst in Bearbeitung, die jeweils spezifische Datenausschnitte für unterschiedliche Anwendungsfälle liefern sollen. Zudem ist die vollständige Umsetzung der Linked Data Platform Spezifikation des W3C [SAM15] geplant.

Die Förderung des Vorhabens erfolgt (bzw. erfolgte) aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt (bzw. erfolgte) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

Literaturverzeichnis

- [Ap18] Apache Jena - Fuseki, <https://jena.apache.org/documentation/fuseki2/>, Stand: 25.10.2018.
- [Bc09] Berners-Lee, T.: Relational Databases on the Semantic Web. World Wide Web Consortium, 2009. <http://www.w3.org/DesignIssues/RDB-RDF.html>, Stand: 19.10.2018.
- [BG04] Brickley, D.; Guha, R. V.: RDF Vocabulary Description Language 1.0. World Wide Web Consortium, 2004. <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>, Stand: 24.10.2018.
- [DSC12] Das, S.; Sundara, S.; Cyganiak, R. (Hrsg.): R2RML: RDB to RDF Mapping Language. World Wide Web Consortium, 2012. <http://www.w3.org/TR/r2rml/>, Stand: 23.10.2018.
- [FW13] Feigenbaum, L.; Williams, G. T. (Hrsg.): SPARQL 1.1 Protocol. World Wide Web Consortium, 2013. <http://www.w3.org/TR/sparql11-protocol/>, Stand: 01.11.2018.
- [HS13] Harris, S.; Seaborne, A. (Hrsg.): SPARQL 1.1 Query Language. World Wide Web Consortium, 2013. <http://www.w3.org/TR/sparql11-query/>, Stand: 11.10.2018.
- [Ma15] Martini, D. et al.: KTBL-Planungsdaten auf dem Weg in die Zukunft – Bereitstellung über Linked Open Data. In (Ruckelshausen, A.; Schwarz, H.-P.; Theuvsen, B. Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft 2015, Geisenheim. GI-Edition Lecture Notes in Informatics Bd. 238, Bonn, S. 105-108, 2015.
- [Ma18] Martini, D.: Webservices auf heterogenen Datenbeständen – Methoden der Umsetzung am Beispiel der KTBL-Planungsdaten. In (Ruckelshausen, A. et al. Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft 2018, Kiel. GI-Edition Lecture Notes in Informatics, Bd. 278, Bonn, S. 155-158, 2018.
- [Sc16] Scheiber, M. et al.: Pflanzenschutz-Anwendungs-Manager (PAM): Automatisierte Berücksichtigung von Abstandsaufgaben. Praktische Vorführung und Feldtestergebnisse. In (Ruckelshausen, A. et al. Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft 2016, Osnabrück. GI-Edition Lecture Notes in Informatics Bd. 253, Bonn, S. 177-180, 2016.
- [SAM15] Speicher, S.; Arwe, J.; Malhotra, A. (Hrsg.): Linked Data Platform 1.0. W3C Recommendation 26 February 2015. <https://www.w3.org/TR/ldp/>, Stand: 23.10.2018.

Hybride Dienstleistungen in digitalisierten Kooperationen in der Landwirtschaft – eine Forschungsagenda

Ansgar Bernardi¹, Christian Reuter², Wolfgang Schneider³, Sebastian Linsner²
und Marc-André Kaufhold²

Abstract: Arbeitsteilung und Kooperation sind essentielle Bestandteile von Landwirtschaft, die sich im Laufe der Geschichte stetig weiterentwickelt haben. Nun ermöglicht die voranschreitende Digitalisierung in der Landwirtschaft erneut Innovationen und neue Arten der Kooperation. Moderne Dienstleistungen – wie optimierte Logistik oder umweltschonende Bewirtschaftung – verbinden zunehmend Maschinenleistungen und Datendienste zu untrennbaren *Hybriden Services*. Im Zuge dessen werden detaillierte Vereinbarungen bezüglich der bereitzustellenden betrieblichen Daten sowie der Verwendung der während der Dienstleistung erhobenen Messwerte getroffen. Im Rahmen des Projektes *HyServ* werden Servicekonzepte und Schnittstellen entwickelt, welche es den Akteuren erlauben, die Hoheit über die eigenen Daten zu behalten und dennoch kooperative Dienstleistungsverträge zu erstellen. Zu diesem Zweck werden dezentrale Strukturen mit kryptographisch gesichertem Austausch etabliert, welche als Infrastruktur für orchestrierte Micro-Services und Smart Contracts dienen.

Keywords: Digitale Landwirtschaft, Kooperation, Resilienz, kritische Infrastrukturen, Blockchain, Smart Contract

1 Einleitung

Die zunehmende Digitalisierung technischer Arbeitsmittel verspricht vielfältige Vorteile in kooperativen Arbeitsprozessen. Einerseits sind moderne digitalisierte Maschinen in der Lage, vielfältige Messwerte über Betriebszustände und Prozessparameter zeitnah bereitzustellen und so wertvolle Grundlagen für Planung, Qualitätsüberwachung oder Nachverfolgbarkeit zu liefern. Andererseits können die digitalisierten Arbeitsmittel direkt auf individuelle Kontroll- und Steuerungsdaten reagieren und so z. B. die flexible Fertigung von Einzelstücken effizient realisieren. Jedoch sind solche Maschinen aber auch zwingend auf die Verfügbarkeit der jeweiligen Auftrags- und Steuerungsdaten angewiesen. In kooperativen Szenarien tritt daher die Notwendigkeit integrierter hybrider (d. h. Datendienste und Maschinenleistung kombinierender) Dienstleistungen in den Vordergrund: Genügte einst etwa die Bereitstellung von Maschinenleistung, so müssen heute gleichzeitig detaillierte Vereinbarungen über die bereitzustellenden Daten und über die Verwendung der bei der

¹ Deutsches Forschungszentrum Künstliche Intelligenz (DFKI), ansgar.bernardi@dfki.de

² Technische Universität Darmstadt, Wissenschaft und Technik für Frieden und Sicherheit (PEASEC),
[\[reuter|linsner|kaufhold\]@peasec.tu-darmstadt.de](mailto:[reuter|linsner|kaufhold]@peasec.tu-darmstadt.de); www.peasec.de

³ Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinessen-Nahe-Hunsrück, Bad Kreuznach;
wolfgang.schneider@dlr.rlp.de

Dienstleistung erhobenen Messwerte für unter Umständen konkurrierende Ziele aller Beteiligten im Wertschöpfungs-Netzwerk abgeschlossen, realisiert und überwacht werden.

Unser Projekt HyServ adressiert dies und erforscht bzw. entwickelt innovative Servicekonzepte und Schnittstellen für Anbieter und Nutzer hybrider Dienste. Illustriert und erprobt wird dies am Beispiel kollaborativer Arbeitsprozesse in der Landwirtschaft. Zentrale Komponenten sind die Formulierung von Smart Contracts über Bereitstellung und Weiterleitung zweckgebundener betrieblicher Daten sowie orchestrierte Micro-Services und Datenquellen mit kryptographisch gesichertem Austausch und Überwachung der vereinbarten Datenflüsse in Blockchain-basierten Strukturen. Eine insbesondere für Nutzer im KMU-Bereich adäquat bedienungsfreundliche Zugangslösung als App oder Kleinrechner-Lösung wird ebenso bereitgestellt wie begleitende Schulungskonzepte für potenzielle Anwender und Kunden, welche die innovativen Möglichkeiten der hybriden Dienstleistungen breiten Nutzerschichten zugänglich machen. Die Realisierung geschieht unter Verwendung etablierter Plattform-Technologie und Service-Architekturen, die Skalierbarkeit unterstützen und Open-Source-Referenzimplementierungen und nachhaltig kommerziell unterstützte Angebote gleichermaßen zulassen. In diesem Beitrag sollen Forschungsherausforderungen dargestellt werden, die wir in diesem Anwendungsbiet identifiziert haben.

2 Ausgangslage und Grundlagen

Arbeitsabläufe in der Landwirtschaft sind seit jeher kooperativ organisiert und werden mit dem Fortschritt der Technisierung zunehmend arbeitsteilig-spezialisiert strukturiert. Daraus ergeben sich vielfältige Möglichkeiten der Auftragsvergabe an Dienstleister. Die einzelnen Schritte sind dabei heute üblicherweise durch klassische Formen des Informationsaustauschs (Zuruf, Telefon, schriftliche Notiz) untereinander verbunden; auch in der Durchführung kommen noch vielfach traditionelle Verfahren zum Einsatz – eine analoge Planung auf Papier ist in der Branche nicht unüblich. Bewährt und verbreitet sind insbesondere auch Excel-Tabellen. Diese Methoden müssen revolutioniert werden, um dem Strukturwandel in der Landwirtschaft zu begegnen. Es gibt immer weniger Betriebe, die jedoch immer größere Flächen bewirtschaften [Za13]. Kleine und mittlere Betriebe müssen ihre Wettbewerbsfähigkeit steigern, indem sie beispielsweise gemeinsame Bewirtschaftungsaufträge vergeben. Diese Form der Zusammenarbeit wird durch die zunehmende Digitalisierung begünstigt. Diese führt hier zu wichtigen Änderungen: Die Aufträge bzw. einzelnen Arbeitsschritte sind zunehmend zwingend als hybride Services zu verstehen, da physikalische Arbeitsausführung und der Umgang mit dafür notwendigen oder dabei erzeugten Daten unmittelbar und untrennbar verbunden sind. Das Konzept der hybriden Services erfordert daher in allen Prozessschritten einen neuen Umgang mit Daten: Die klassische Auftragserteilung wird um detaillierte Regelungen zum Umgang mit Daten ergänzt. Dabei wird festgelegt, woher die für den Auftrag nötigen Daten stammen und wie mit den während der Durchführung entstehenden Daten umzugehen ist. Die Pla-

nung und die Ressourcenbereitstellung in der Vorbereitungsphase werden um die Beschaffung der konkret notwendigen Daten und durch vorbereitende Maßnahmen der Datenverarbeitung erweitert. Während der Ausführung der Arbeiten im Feld werden vielfältige Daten erhoben, oft direkt mittels an den eingesetzten Maschinen befindlichen Sensoren. Diese Daten müssen nun entsprechend den bei der Auftragserteilung vereinbarten Vorgaben und im Hinblick auf Dokumentationspflichten, Abrechnungen und Bedürfnisse nachfolgender Prozessteilnehmer korrekt, transparent und nachverfolgbar verarbeitet werden. Entsprechend wird die Nacharbeit gegenüber der herkömmlichen Variante deutlich umfangreicher und betrifft ein breites Spektrum auftragsbezogener Daten. Daher muss auch die Abschlussphase eines Auftrags die Dokumentation des Umgangs mit den Daten und die vereinbarungsgemäße Speicherung oder Löschung explizit behandeln. HyServ untersucht alle Aspekte dieser erweiterten Datenflüsse in kooperativen landwirtschaftlichen Szenarien bzw. Auftragsprozessen. Die entscheidenden Innovationen betreffen einerseits die praxistaugliche Gestaltung der Modellierungen und Schnittstellen an allen Übergängen zwischen Prozessschritten, wechselnden Beteiligten oder verschiedenen betrieblichen und außerbetrieblichen Datenquellen, andererseits die globale, prozessweite Sicherstellung der getroffenen Vereinbarungen und die durchgehende Nachverfolgbarkeit (Revisionsicherheit) des Umgangs mit Daten. Hier bietet sich das Konzept der Smart Contracts an. Diese Technologie formuliert Verträge als ausführbares Programm, welches die Preisgabe von Daten oder Entgeltzahlungen an Bedingungen knüpft, die von beiden Vertragsparteien erfüllt werden müssen. In einer dezentralen Blockchain werden alle Verträge nachverfolgbar und nicht-abstreitbar gespeichert.

Die Landwirtschaft ist, da Teil des Ernährungssektors, als kritische Infrastruktur aufzufassen [BB17]. Als solche muss sie gegen Störungen und Angriffe geschützt werden, um Risiken zu minimieren und das Potenzial von hybriden Services auszuschöpfen [Re18]. Zu diesem Zweck werden alle Komponenten so entworfen, dass sie nach dem Offline-First-Prinzip funktionieren. Bei einem Ausfall der Kommunikationsinfrastruktur muss die Funktionsfähigkeit der einzelnen Betriebe gewährleistet bleiben. Daher müssen alle Komponenten auch offline betreibbar sein. Weiterhin wird durch den Verzicht auf zentrale Server die Widerstandsfähigkeit gestärkt. Zentrale Systeme sind anfällig für Denial-of-Service-Angriffe (DoS-Angriffe): Durch Überlasten der zentralen Komponenten kann ein Ausfall der Infrastruktur für alle Teilnehmer herbeigeführt werden. Um dies zu verhindern, wird eine dezentrale Infrastruktur angestrebt. Ein weiterer Vorteil dieses Ansatzes besteht darin, dass in einem dezentralen System die Kontrolle über die Daten bei den Akteuren (z. B. den Landwirten) verbleibt.

3 Forschungsherausforderungen

HyServ erprobt und demonstriert die beabsichtigten Lösungen am Beispiel der überbetrieblichen Verwendung moderner Maschinen in den Arbeits- und Ernteprozessen in der Landwirtschaft. Überbetrieblich agierende Maschinenringe stellen mit Landtechnik und

Datendiensten hybride Angebote bereit, die im Kundenauftrag unter Verwendung individueller betrieblicher Daten landwirtschaftliche Tätigkeiten kostengünstig und effizient erbringen und die dabei erhobenen Messwerte dem Kundenwunsch entsprechend automatisiert, vertraulich und zielgerecht verarbeiten. Als repräsentative Beispiele mit schrittweise wachsender Komplexität haben wir drei Einsatzszenarien mit entsprechenden Forschungs-herausforderungen: (1) Optimierung der überbetrieblichen logistischen Prozesse; (2) Minimierung von Umweltbelastung durch Präzisionsdüngung; (3) Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit durch kooperative Bewirtschaftung. Damit geht unser Beitrag über bestehende Ansätze hinaus. Projekte wie iGreen [Be14] fokussieren sich auf ad-hoc Kommunikation und Austausch von Daten, sowie deren Integration.

3.1 Optimierung der überbetrieblichen logistischen Prozesse

Die Ernte landwirtschaftlicher Produkte stellt hohe Anforderungen an Organisation und Effizienz der logistischen Prozesse: Reifezustand und Witterungsbedingungen setzen für die eigentliche Ernte unter Umständen sehr enge Zeitfenster. Teure, hoch leistungsfähige Erntemaschinen werden auf dem Feld eingesetzt und eine sorgfältig orchestrierte Flotte von Transportfahrzeugen gewährleistet den Transport des Ernteguts zu der relevanten Abnahmestelle. Dabei soll die Erntemaschine selbst möglichst ununterbrochen arbeiten. Die Transportfahrzeuge sollen ohne Stockung funktionieren und der Erntemaschine auch beim Wechsel zwischen den Feldern vorhersehbar und störungsfrei folgen. In der Praxis ergibt sich die ständige Herausforderung, die notwendigen Arbeits- und Transportkapazitäten durch das Zusammenführen vielfältiger überbetrieblicher Ressourcen zu realisieren. Dabei gilt es immer wieder, auch bisher fremde Fahrzeuge bzw. Fahrer ad hoc in die Logistikketten einzubinden und ihnen die erforderlichen Daten für die Dauer der zu erbringenden Dienstleistung bereitzustellen. Neben dem störungsfreien Betrieb sind die korrekte Dokumentation und Abrechnung der von vielfältigen Teilnehmern erbrachten Leistungen eine praktische Herausforderung.

Das Konzept der hybriden Dienstleistung wird in diesem Anwendungsszenario als Kombination aus technisch-maschinellem Ernteleistung, Betriebsdatenerfassung sowie teamübergreifender, zweckgebundener Auswertung und Steuerung nach Maßgabe des konkreten Arbeitsauftrags realisiert. Die saubere konzeptuelle Aufarbeitung der Daten- und Kontrollflüsse, die formale Spezifikation des Umgangs mit Daten bei jeder Übergabe zwischen Prozessbeteiligten als auch technische Innovationen zur durchgängigen Nachverfolgbarkeit und Integritätssicherung können dabei unabhängig von vorhandenen und etablierten Systemen für Planung, Organisation, Durchführung usw. untersucht und erprobt werden.

3.2 Minimierung von Umweltbelastung durch Präzisionsdüngung

Um optimales Wachstum bei gleichzeitiger Minimierung von Überdüngung und den damit verbundenen Umweltbelastungen zu generieren, bedarf es einer standortspezifisch optimierten, an den Eigenschaften des Bodens und den Nährstoffbedürfnissen der konkreten

Pflanze ausgerichteten Präzisionsdüngung. Die aktuell neu gefassten staatlichen Vorschriften wie die Düngverordnung (DüV) [BM17] betonen die Notwendigkeit dieser Maßnahmen. Die Komplexität der für die Berechnung einer optimalen Düngung zu berücksichtigenden Einflussfaktoren sowie die Auslastung der teuren modernen Applikationstechnik bedingen, dass verschiedene Dienstleister ihre Kompetenzen verbinden und entsprechend Daten austauschen. Analog zum ersten Szenario müssen Vereinbarungen zwischen allen Beteiligten getroffen werden, welche Daten bereitgestellt und wie diese genutzt werden dürfen. Darüber hinaus muss die Integrität aller Steuerungsdaten gewährleistet sein, um die kooperative Durchführung zu ermöglichen. Diese muss durchgehend dokumentiert werden, um mögliche Änderungen an der ursprünglichen Planung nachzuverfolgen und Haftungsfragen eindeutig zu klären. Durch Vereinbarung über die Datennutzung kann die Abrechnung der erbrachten Leistung effizient realisiert werden.

3.3 Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit durch kooperative Bewirtschaftung

Gerade in kleinteiligen landwirtschaftlichen Strukturen – wie etwa viele kleine Betriebe in den deutschen Mittelgebirgslagen sie aufweisen – bieten überbetriebliche Bewirtschaftungsaufträge ein hohes Optimierungspotential: Mehrere Landwirte als Auftraggeber beauftragen einen Dienstleister mit der Durchführung gleichartiger Arbeiten. Der Dienstleister ist dann in der Organisation der konkreten Ausführung frei und kann den eigentlichen Arbeitsprozess betriebsübergreifend optimieren. Besonders deutlich wird das Optimierungspotenzial, wenn die Betriebe einem gemeinsamen Abnehmer zuliefern, wie dies etwa bei regionalen Biogasanlagen oder großräumig organisierten Ernteprozessen z. B. bei der Zuckerrübe gängige Praxis ist. Durch hybride Services können die Daten aller Beteiligten so organisiert werden, dass jedem Akteur die für ihn notwendigen Informationen bereitgestellt werden. Auch hier muss definiert werden, wer welche Daten zu einem bestimmten Zweck nutzen darf. Dies kann je nach Anzahl der Beteiligten eine komplexe Aufgabe sein. In manchen Fällen kommt der sofortigen Erfassung von Produkteigenschaften und deren herkunftsgerechter Dokumentation eine besondere Bedeutung zu: Bei einer Vielzahl von Zulieferern soll ggf. die Abrechnung nach definierten Produkteigenschaften (wie z .B. Trockenmasse, Feuchtigkeit, Eiweißgehalt der Ernte u. a. m.) erfolgen. Durch Verwendung einer einheitlichen Plattform wird die Dokumentation und die Abrechnung vereinfacht, da die erbrachten Leistungen eindeutig zugeordnet werden können.

4 Fazit und Ausblick

Hybride Dienstleistungen werden in digitalisierten Kooperationen in der Landwirtschaft Einzug halten. Die oben aufgeführten Anwendungsfelder beschreiben eine dezentrale Wertschöpfungskette, die von der fortschreitenden Digitalisierung profitiert und Betriebe im KMU-Sektor dabei unterstützt, wettbewerbsfähig zu bleiben und ressourcenschonender zu arbeiten. Unser Szenario sieht vor, dass mehrere beteiligte Betriebe gleichartige

Produkte liefern, während die Bearbeitung betriebsübergreifend geplant werden kann. Unabhängig von Lage und Betriebszugehörigkeit der Felder wird die Arbeitsausführung und die Belieferung der Abnehmer z. B. auf minimale Transportwege optimiert. Garantiert werden die verlässliche, gesicherte Dokumentation der produktionsbezogenen Echtzeit-Sensordaten und gezielte Vereinbarungen darüber, welcher Akteur diese Daten nutzen darf und wie diese Nutzung gestaltet ist. Kommunikation und Vertragsabschluss erfolgen dezentral und bieten gemeinsam mit der Sicherstellung der Offline-Funktionalität verbesserte Resilienz gegen Ausfälle und Angriffe [Re18, Re19].

Dieser Beitrag postuliert, dass hybride Services als neue Form der digitalen Kooperation eine nachhaltige Vernetzung von Betrieben im Ernährungssektor ermöglichen können, die auch bei Ausfällen von Infrastrukturen betriebsfähig bleibt. Gemäß unserem Ansatz profitieren die beteiligten Akteure nicht nur von optimierten Betriebsabläufen, sondern behalten darüber hinaus die Hoheit über ihre Daten, sodass sie selbst über deren Verwendung bestimmen können. Hybride Dienste erlauben eine weitaus detailliertere Modellierung von landwirtschaftlichen Prozessen, als dies bisher der Fall war. Der automatisierte, übergreifende und nachvollziehbare Umgang mit Daten und Dienstleistungen unterstützt den kontrollierten Austausch zweckgebundener Daten und schafft so Vertrauen in der zunehmend wichtigen Datenwirtschaft. Darüber hinaus ergeben sich vielfältige Zusatznutzen: Dienstleister und Hersteller von Landmaschinen können aus anonymisierten Daten ein vollständigeres Bild über die Nutzung von Maschinen erhalten und so z. B. Verschleiß an Maschinen frühzeitig erkennen und Warnungen herausgeben.

Das Projekt HyServ (01IS17030B) wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Projektpartner sind: Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz; Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück; TU Darmstadt, Wissenschaft und Technik für Frieden und Sicherheit (PEASEC); Maschinen- und Betriebshilfsring Rheinhessen-Nahe-Donnersberg; Maschinenbetriebsring Ulm-Heidenheim, Ulm; Hofgut Neumühle; John Deere.

Literaturverzeichnis

- [Be14] Bernardi, A.: Intelligente Wissenstechnologien für das öffentlich-private Wissens-Management im Agrarbereich (iGreen) - Schlussbericht. DFKI, Kaiserslautern, 2014.
- [BB17] BBK: Kritische Infrastrukturen. https://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/KritischeInfrastrukturen/kritischeinfrastrukturen_node.html, Stand 30.10.2018.
- [BM17] BMEL: Düngeverordnung (DüV) vom 26.05.2017. <https://www.bmel.de/SharedDocs/ExterneLinks/Rechtsgrundlagen/D/Duengeverordnung.html>, Stand 27.11.2018
- [Re18] Reuter, C. et al.: Resiliente Digitalisierung der kritischen Infrastruktur Landwirtschaft - mobil, dezentral, ausfallsicher. In: Mensch und Computer, Dresden, S. 623-632, 2018.
- [Re19] Reuter, C.: Information Technology for Peace and Security. Springer. 2019.
- [Za13] Zander, K. et al.: Erwartungen der Gesellschaft an die Landwirtschaft. Stiftung Westfälische Landwirtschaft, Braunschweig, 2013.

Düngungsplanung mit gemischt-ganzzahliger Linearer Programmierung: bedarfsgerecht, betriebsspezifisch, kostenminimal und verordnungskonform

Jan-Hendrik Buhk¹ und Hans-Hennig Sundermeier¹

Abstract: Die deutsche Düngeverordnung [M17] zwingt landwirtschaftliche Betriebe zu betriebs- und einzelschlagspezifischer Düngungsplanung und offenbart die Defizite für praxistaugliche und verordnungskonforme Entscheidungshilfen. In einer Fallstudie entstand ein gemischt-ganzzahliges LP-basiertes Kostenminimierungsmodell, das die optimale Allokation sämtlicher Düngemittel auf die Schläge bei simultaner Einhaltung betrieblicher, betriebswirtschaftlicher, pflanzenbaulicher und verordnungsbedingter Restriktionen ermittelt. Eine zeitlich gegliederte und schlagbezogene Ausbringungsempfehlung, ein DüV-gerechter Nachweis, Übersichten zur Wirtschaftsdünger- und Gärückstandslagerung sowie eine Bestellliste für Handelsdünger bilden die Ergebnis-Komponenten.

Keywords: Düngungsplanung, Düngeplanung, Düngeverordnung, MILP, Proof of Concept

1 Einleitung und Problemstellung

Die deutsche Düngeverordnung (DüV vom 26.05.2017) [BM17] verpflichtet landwirtschaftliche Betriebe zur Düngedarfsermittlung für N und P₂O₅ für jeden Schlag bzw. jede Bewirtschaftungseinheit und damit indirekt zur Planung aller Düngegaben für das Düngejahr sowie zur Dokumentation aller Düngungsmaßnahmen. In ihrem Anhang enthält die Verordnung die Kalkulationsdaten für die Ermittlung des Nährstoffbedarfs und für die Erstellung des obligatorischen Nährstoffvergleichs. Sie regelt ebenfalls die Ausbringungszeitspannen für stickstoffhaltige Dünger, Lagerungs- und Ausbringungsmodalitäten der Wirtschaftsdünger aus Tierproduktion sowie der Gärückstände aus Biogasbetrieben und die planerisch zu berücksichtigenden Stickstoffwirkungsäquivalente.

Zur Einhaltung des umfassenden Regelwerkes und im Hinblick auf die Stoffstrombilanzverordnung (StoffbilV vom 14.12.2017, [BM18]) gewinnt problemorientierte und verordnungskonforme Planungssoftware erheblich an Bedeutung, da praxisübliche Schlagkarteisysteme zwar die schlagspezifische Datenhaltung und Nährstoffbilanzierung zu Dokumentationszwecken unterstützen, jedoch keine Entscheidungshilfen i. e. S. darstellen, welche die zeitliche und schlagbezogene Wirtschafts- und Handelsdüngerauswahl und -allokation erleichtern könnten.

¹ Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Agrarökonomie, Wilhelm-Seelig-Platz 6/7, 24118 Kiel, jhbuhk@ae.uni-kiel.de bzw. hsundermeier@lbv-net.de

2 Einordnung praxisorientierter Lösungsansätze

Tab. 1 vergleicht exemplarisch die konzeptuellen Eigenschaften ausgewählter Lösungsansätze zur Düngungsplanung mit den Merkmalen des hier vorgestellten Ansatzes. Aus der (Offizial-) Beratung (z. B. [LK18]) stammen Systeme, die insbesondere einen verordnungskonformen Nachweis anstreben. Wörle und Gaugler [WG17] trachten zwar nach „Optimierung“ der Düngungsmaßnahmen – aus der sequentiellen Vorgehensweise resultiert jedoch letztlich eine vorentscheidungsgetriebene Simulationssoftware. Unsere – erheblich erweiterte – Auffassung des einzelbetrieblichen Planungsproblems „Düngung“ fußt auf dem Ansatz von Sundermeier [Su80] zur kostenminimalen, simultan zeitlich und schlagspezifisch optimalen Allokation von Wirtschafts- und Handelsdüngern und berücksichtigt sowohl die betriebswirtschaftlich als auch die pflanzenbaulich relevanten Aspekte der betriebsindividuellen Planungssituation.

Modellbereich	Konzepttyp:	Offizialberatung	Wörle u. Gaugler (2017)	Sundermeier (1980)	Unser Ansatz
	Entwicklungsziel	[Kalk.-hilfe]	„App“	[Diss.]	„Navi“
Grundlegende Modell-Parameter	Schlagspezif. Nährstoffbedarf	✓	✓	✓	✓
	Ausbringungszeitfenster	?	?	saisonal	monatlich
Wirtschaftsdünger und Gärrückstände	Vorentscheidungsfreie Handelsdüngerauswahl		[Vorabfestlegung]	Lokales	Handelsdüngersortiment
	Nährstoffe, Wirkungsäquival.	✓	✓	✓	✓
	Anfall (t)			✓	✓
	Lager (t)			✓	✓
Ausbringungskosten	Abgabe-/Aufnahmeverträge				✓
	Verlauf der Kostenkurve		?	linear	degressiv
	... diff. nach Schlagentfernung				✓
Rechenweg	... diff. nach Schlaggröße				✓
	Über Vorentscheidungen		ja	nein	nein
Abbildung 'action-room'	Kalkulationsabfolge		sequentiell	simultan	simultan
	lineare Gleichungen/Relationen			✓	✓
optimale Allokation ...	MILP approx. nichtlin. Relationen				✓
	über die Zeit im Düngejahr und ... gleichzeitig über alle Schläge			✓	✓

Tab. 1: Eigenschaften ausgewählter Entscheidungshilfe-Konzepte zur Düngungsplanung

3 Auffassung des Sachproblems und Modellierung

Tabelle 1 verdeutlicht die Gemeinsamkeiten typischer Lösungsansätze zur Düngungsplanung, aber auch die grundlegenden Unterschiede in der Problemauffassung. Größtmögliche Datentransparenz ist zwar eine notwendige Voraussetzung für den Aufbau einer Entscheidungshilfe; sie bietet aber aus sich heraus noch keine Basis für ökonomisch rationales Handeln. Heuristische Simulationssoftware (wie z. B. von Wörle und Gaugler [WG17]) kann Voranschlagskalkulationen in einem explizit nicht näher definierten Lösungsraum erleichtern; es bleibt jedoch offen, ob und inwieweit alle betrieblichen Nebenbedingungen und Abhängigkeiten berücksichtigt sind, oder ob es nicht wirtschaftlich vorteilhaftere Lösungen gibt.

Auf mathematischer Optimierung basierende Lösungsansätze heben diese Defizite auf; sie stellen jedoch neue Anforderungen bezüglich der Abbildung aller theoretisch möglichen Lösungen („action room“) in einem System mathematischer Formeln. Sundermeier belegte bereits 1980 die Einsetzbarkeit der Linearen Programmierung für die einzelbetrieblich optimale Allokation von Wirtschafts- und Handelsdüngern im Düngejahr – insbesondere in Betrieben mit flüssigen Wirtschaftsdüngern bei beschränkten Lagerkapazitäten.

Der aktuelle Ansatz [Bu18] überwindet durch den Übergang zur gemischt-ganzzahligen Linearen Programmierung (Mixed-Integer Linear Programming, MILP) die ursprünglich noch vorhandenen, betriebswirtschaftlichen Abbildungsschwächen. Mit binären Hilfsvariablen lassen sich in der Praxis nicht ausbringbare Kleinst- und Splittermengen für Handels- und Wirtschaftsdünger ausschließen. Degressive Verläufe von Ausbringungs-Kostenkurven lassen sich ebenfalls über Binärvariable mit für Planungszwecke ausreichender Genauigkeit approximieren. Gleichzeitig erlauben leistungsfähige Solver und moderne Hochleistungsrechner neue Größenordnungen bei der Modellgröße und -komplexität.

Die wirtschaftliche Aufgabenstellung formulieren wir daher wie folgt: Minimiere die Summe aller düngerart-, schlag-, mengen- und terminspezifischen Beschaffungs- und Ausbringungskosten für alle Wirtschafts- und Handelsdüngerausbringungsaktivitäten in einem Düngejahr für alle Schläge und Fruchtarten eines Betriebs unter folgenden Nebenbedingungen: a) die termin-, fruchtart- und schlagspezifischen Nährstoffbedarfsmengen auf allen Schlägen sind zu befriedigen, b) terminspezifische Höchstmengenbeschränkungen (insbesondere für Wirtschaftsdünger) für jeden einzelnen Schlag bzw. jede Fruchtart sind einzuhalten, c) die Beschränkung von 170 kg N pro ha und der betriebliche Nährstoffvergleich sind für den Betrieb insgesamt einzuhalten, d) die terminspezifischen Verfügbarkeiten für Wirtschaftsdünger und Gärrückstände sind in Abhängigkeit vom Anfall, von den Lagerkapazitäten sowie von vertraglich vereinbarten, terminspezifischen Zufuhr- bzw. Abfuhrmengen zu berücksichtigen.

Da dem kompletten LP-Formelwerk in diesem Beitrag nicht der benötigte Platz eingeräumt werden kann, skizzieren wir die Problemkonstituenten für eine vorentscheidungs-freie Düngungsplanung schematisch in Abbildung 1.

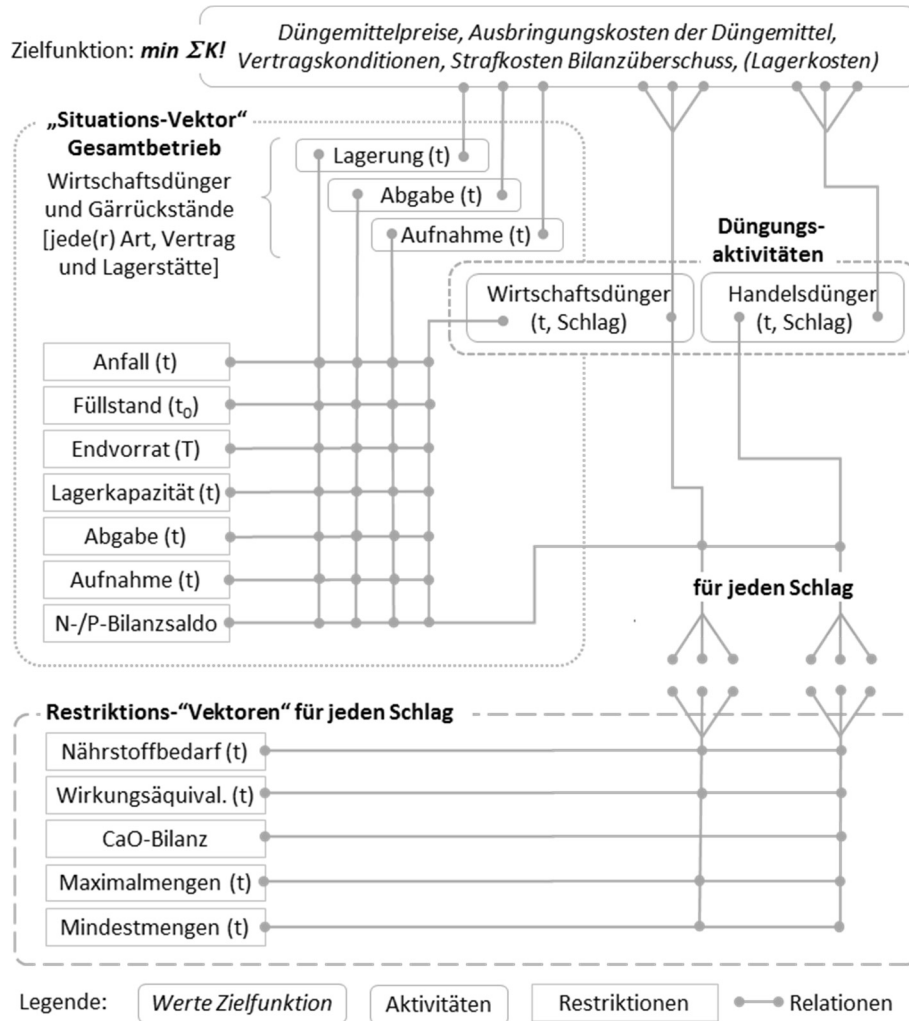


Abb. 1: Problemkonstituenten bei der Düngungsplanung

Der Praxisbetrieb, mit dem wir unser Konzept erprobt haben, hält Milchkühe, mäset Bullen, gibt Gülle an einen Biogasbetrieb ab, nimmt Gärrückstände vereinbarungsgemäß wieder auf und bewirtschaftet 29 Schläge (Grünland, Silomais, Winterweizen, Wintergerste und Winterraps), die teils bis zu 15 km vom Betriebsgelände entfernt liegen.

Durch die zeitabhängige Verknüpfung des Wirtschaftsdüngeranfalls mit den Flächen über die Wirtschaftsdüngerausbringung entstehen Verbindungen jedes einzelnen Schlages zu den übergeordneten Wirtschaftsdüngeranfall-, -lagerungs-, -abgabe- und -aufnahme-

restriktionen, welche eine simultane Betrachtung des Allokationsproblems u. E. zwingend erfordern. Komplexitätstreiber sind hierbei die Zahl der Schläge, die Zeitspannen (Monate), die Zahl der Flüssigmistarten und Lagerorte, sowie das Sortiment an Handelsdüngern, das lokal verfügbar ist. Ohne diese Verknüpfung könnte die terminspezifische Bedarfsdeckung der Nährstoffe N, P₂O₅, K₂O, MgO, CaO und S auf jedem einzelnen Schlag separat (und damit auf einem sequentiellen Lösungsweg) erfolgen.

Der Praxisfall [Bu18] ergab eine MILP-Matrix mit ca. 2.000 Restriktionen, ca. 3.500 Entscheidungsaktivitäten (davon ca. 45 % Binärvariablen) und ca. 20.000 Nicht-Null-Koeffizienten. Die Koeffizientendichte von 0,3 % signalisiert eine dünn besetzte, sogenannte "sparse" Matrix. Eine prototypische Implementation erfolgte mit Excel als Frontend und GUROBI als Solver. Laufzeiten von ca. 30 Minuten (bei ca. 16 Mio. Iterationen, Branch and Bound Tolerance von 1 %) auf einem PC signalisieren die technische Beherrschbarkeit des Ansatzes.

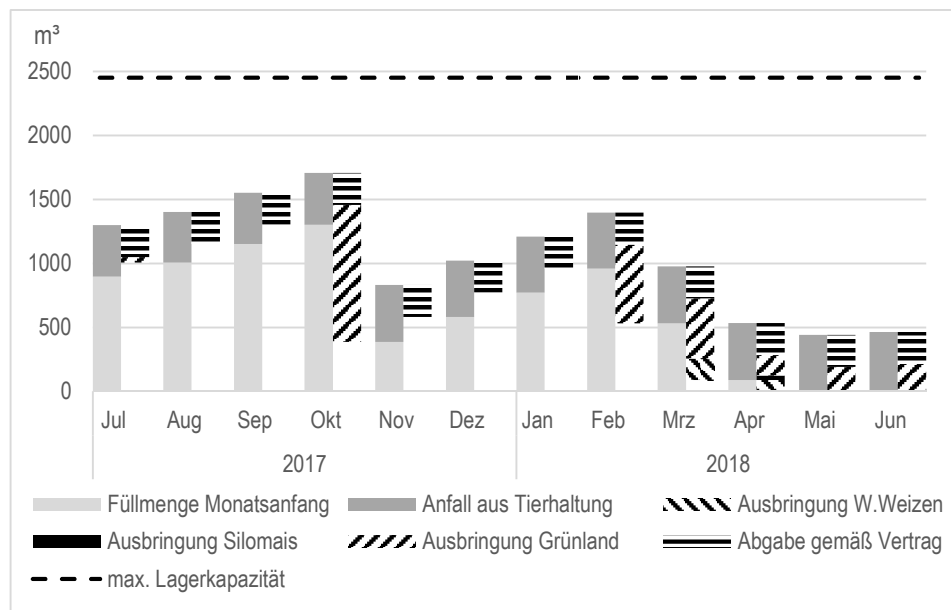


Abb. 2: Lagerübersicht Güllelager

Das LP-Rohergebnis mündet ebenfalls über Excel in einen Ergebnisbericht, bestehend aus a) der kostenminimalen, detaillierten, zeitlich auf Monatsbasis gegliederten Ausbringungsempfehlung für Wirtschafts- und Handelsdünger für jeden einzelnen Schlag, b) den Nährstoffsummen und -salden aller Nährstoffe mit den Ausbringungs- und Handelsdüngerkosten für jeden Schlag, c) einer zeitlich differenzierten Anfalls-, Lagerungs- und Ausbringungsübersicht für alle Wirtschaftsdünger und Gärrückstände und d) einer Bestellliste der zur Umsetzung der Düngungsempfehlung erforderlichen Handelsdüngemittel. Aus

Platzgründen können wir hier nur exemplarisch eine grafische Lagerungs- und Ausbringungsübersicht für die Rindergülle wiedergeben (Abb.2).

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die erfolgreiche Optimierung bestätigt die grundsätzliche Anwendbarkeit der Linearen Programmierung zur Düngungsplanung in der Praxis. Die Erweiterungen im Vergleich zum Ansatz von Sundermeier [Su80] erhöhen die Modellkomplexität und verbessern die betriebswirtschaftliche Abbildungsqualität für das Sachproblem. Fachlich wurden Modell und Ergebnisse mit Experten der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein und dem Betriebsleiter diskutiert und grundsätzlich akzeptiert. Potenzielle Verfeinerungsschritte liegen in differenzierterer Abbildung der knappen Verfügbarkeit von Arbeit und Maschinen sowie der saisonalen Schwankungen der Handelsdüngerpreise. Auf dem Pfad zu einer praxistauglichen Entscheidungshilfe liegen u. a. noch die Meilensteine a) Verknüpfung mit etablierten Datenhaltungssystemen für Tierhaltungs-, Biogas-, Schlag- und Anbaudaten sowie für Maschinen- und Verfahrenskosten, b) komfortabler Steuerungsdialog, c) Matrizengenerierungssystem für die fallspezifischen MILP-Matrizen, d) Berichtsgenerator zur Aufbereitung der Optimallösungen sowie e) die Erreichbarkeit als Webservice.

Die bisherigen Arbeitsergebnisse belegen erneut, dass die komplexen Matrizen einer MILP-basierten Düngungsplanung technisch beherrschbar sind, dass erhebliche Kostenvorteile auszuschöpfen sind und dass zusätzlich zu verordnungskonformer Planung und DüV-gerechtem Nachweis beachtliche Mehrwerte für Betriebe und Umwelt erschlossen und realisiert werden können. Auf dem Weg zu einer wirtschaftlich effizienten, praxistauglichen Entscheidungshilfe („Navi“) zur digitalen Düngungsplanung erachten wir den Meilenstein „Proof of Concept“ als erfolgreich abgeschlossen.

Literaturverzeichnis

- [Bu18] Buhk, J-H.: Düngungsplanung gemäß DüV (2017) – Simultan kostenminimierende Allokation von Wirtschafts- und Handelsdüngemitteln (Prototypische LP-Entscheidungshilfe). Masterarbeit, Institut für Agrarökonomie, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2018.
- [BM17] BMEL, Bundesmin. für Ernährung u. Landwirtschaft: Düngeverordnung. 2017.
- [BM18] BMEL, Bundesmin. f. Ernährung u. Landwirtschaft: Stoffstrombilanzverordnung. 2018.
- [LK18] LKSH, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein: Richtwerte für die Düngung 2018.
- [Su80] Sundermeier, H.-H.: Düngungskostenminimierung. Diss., Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 1980.
- [WG17] Wörle, M.; Gaugler, T.: IT-gestützte Optimierung der Düngeplanung in kleinen und mittleren landwirtschaftlichen Betrieben: Ein nachhaltiger Ansatz zur Steigerung des Betriebsergebnisses. In (Ruckelshausen, A. et.al., Hrsg.): Referate der 37. GIL-Jahrestagung in Dresden, Bonn, S.169-172, 2017.

LiDAR- und Lichtschattensensor-basierte Sensordatenfusion zur feldbasierten Phänotypisierung von Getreide

Iuliia Cherednyk¹, Mario Jenz¹, Kim Möller¹, Dominik Nieberg¹ und Arno Ruckelshausen¹

Abstract: In diesem Dokument werden komplementäre Sensorfusionsansätze zur feldbasierten Hochdurchsatz-Phänotypisierung von Triticale auf Grundlage bildgebender LiDAR- und Lichtschattensensor-Daten vorgestellt. Die Sensordaten wurden mit der Multisensor-Plattform „BreedVision“ gewonnen. Zur Bestimmung des parzellenbezogenen Parameters werden die Messdaten von LiDAR- und Lichtschattensensor fusioniert. Mit Methoden des überwachten maschinellen Lernens wird ein Biomasse-Vorhersagemodell erstellt. Die extrahierten Pflanzenmerkmale werden auf feldbasierte Daten von 1503 Versuchspartikeln an zwei Versuchsstandorten für je zwei Wachstumsstadien trainiert. Das exponentielle Gauß'sche Prozessregressionsmodell wird mittels der Funktionen in MATLAB® entwickelt.

Keywords: LiDAR, Lichtschattensensor, Hochdurchsatz-Phänotypisierung, Sensordatenfusion, Machine Learning

1 Einleitung

Mobile Multisensor-Plattformen ermöglichen schnelle und zerstörungsfreie Aufnahmen von Sensordaten in Pflanzenkulturen unter Feldbedingungen und helfen den Züchtern bei der Beurteilung der Resistenz gegen Umweltbedingungen, Krankheiten und Schädlingen [Ra2015].

Die feldbasierte Phänotypisierung stellt große Anforderungen an die Qualität der Sensorrohdaten unter dem Einfluss von umweltbedingten Störgrößen, deren systematische („online“) Ablage und die („offline“) Interpretation großer Datenmengen zur Reduktion auf Pflanzenparameter [Ru14]. Die Auswertung basiert sowohl auf Algorithmen für einzelne Sensorrohdaten als auch auf der Multisensor-Datenfusion.

Die auf dem BreedVision-Konzept basierende Phänotypisierungsplattform (Abb. 1 A) beinhaltet zahlreiche optische Sensoren für die Vermessung der Pflanzen sowie Hilfssensorik zur Navigation und Positionsbestimmung [Bu13], [Mö16]. Die Sensorrohdaten der Feldversuche unter Einsatz der Multisensor-Plattform werden hochaufgelöst mit einem Orts- und Zeitstempel in einer Datenbank gespeichert. Die weitere Auswertung der Sensordaten sowie die Fusion unterschiedlicher Sensoren wird

durch die Verwendung der an der Hochschule Osnabrück entwickelten MATLAB® Applikation „DataAnalyzer“ ermöglicht. Diese Software beinhaltet mehrere Plugins zur Auswertung der Rohsensordaten [Mö16] und stellt eine Basis für die Datenfusion-Ansätze zur Berechnung von Pflanzenmerkmalen dar.

2 Material und Methoden

Die LiDAR-Sensoren liefern die Abstandsinformationen zwischen dem Messobjekt und dem Sensor und aufgrund dessen lassen sich die morphologischen Merkmale erfassen [Qi18]. Der Lichtschattensensor hat sich bereits als zuverlässiger Sensor zur Bestimmung von Höhe, Breite, Abstand und Bestandesdichte der Pflanzen etabliert [Bu13], [Ru14]. In dieser Arbeit wurde der 2D-LiDAR-Sensor LMS400 der Fa. SICK verwendet und der Lichtschattensensor RapidoScan RS-C-025-1760-ECT der Fa. dieEntwickler. In der Multisensor-Plattform „BreedVision“ ermittelt der LiDAR-Sensor die dreidimensionale Eindringtiefe von oben (Abb. 1 C), der Lichtschattensensor erfasst das zweidimensionale Pflanzenprofil seitlich innerhalb der Pflanzenparzelle (Abb. 1 B).

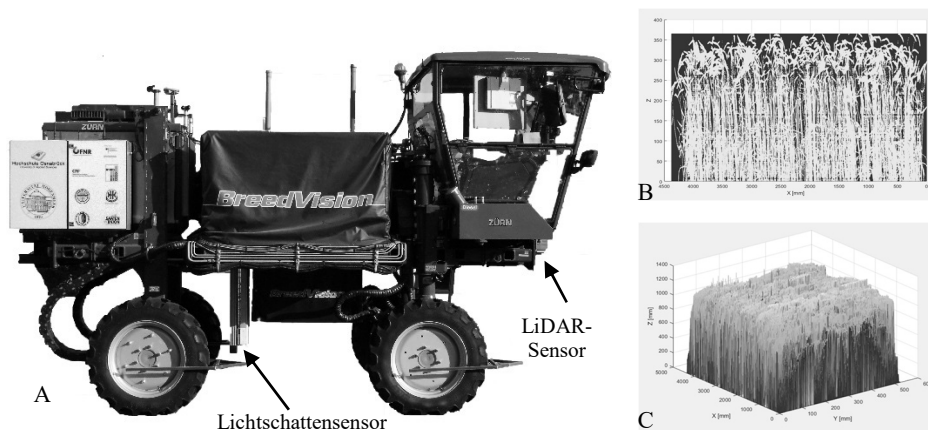


Abb. 1: A) Multisensor-Plattform „BreedVision“, B) Schattenbild von einer Parzelle aufgenommen mit Lichtschattensensor, C) Punktwolke einer Triticale-Parzelle, erfasst mit LiDAR

In diesem Kapitel wird die Berechnung der Pflanzenparameter anhand einzelner Sensordaten des 2D-LiDAR und Lichtschattensensors sowie deren Fusion vorgestellt. Als Quelle für Sensordatenfusion werden die Informationen sowohl von Rohmessdaten (Datenfusion) als auch von definierten Merkmalen von Objekten (Merkmalfusion) verwendet.

2.1 Bedeckungsgrad mit Lichtschattensensor

Der Bedeckungsgrad wurde als Prozentsatz der unterbrochenen Lichtschranken des Lichtschattensensors berechnet. Um eine mögliche Beeinträchtigung von Parzellen mit niedrigen Pflanzhöhen zu vermeiden, bestimmt der Algorithmus zunächst das Pflanzdach der Parzelle und berücksichtigt dann nur die Lichtschranken unterhalb der Oberkante der Pflanzen [Bu13].

2.2 Volumenbestimmung mit LiDAR –Sensor

Da der Laserscanner punktuell das Umgebungsprofil in zweidimensionalen Polarkoordinaten abtastet, werden die Messwerte ins kartesische Koordinatensystem umgerechnet. Eine Zusammensetzung der 2D-Sensordaten des LiDAR-Sensors und deren temporärer Positionen bildet die Grundlage, um die Entfernungs- und Remissionswerte von einer Versuchsparzelle dreidimensional darstellen zu können. Hierbei sind die Achsen mit den folgenden Koordinaten in Zusammenhang gebracht (Abb. 1 C): X-Koordinate – die Position des Laserscanners in Bewegungsrichtung der Phänotypisierungsplattform; Y-Koordinate – der Abstand zwischen dem Anfangs- und Endpunkt des Scans (bzw. einer Scan-Linie); Z-Koordinate – der Abstand vom Nullpunkt der Messung zur Oberkante des Objektes. Neben den gemessenen Entfernungswerten liefert der LiDAR-Sensor zu jedem Messpunkt auch Remissionswerte. Diese Messungen fügen der räumlichen Information des Sensors eine optische Erscheinungskomponente hinzu. Diese können verwendet werden, um innerhalb einer Parzelle die Pflanzenbestände vom Boden zu unterscheiden. Für die Erhöhung der Genauigkeit der Berechnungsalgorithmen über die gesamte Versuchsparzelle wird die binäre pixelbasierte Segmentierungsmethode nach dem Schwellwertverfahren angewendet. Der dreidimensionale Raum zwischen der Oberfläche der Vegetationsbedeckung und der Boden-Ebene einer Parzelle wird als parzellenbezogene Volumen bezeichnet. Das Volumen wird direkt aus jedem isolierten Punkt in der Punktwolke berechnet [ZM05]. Dabei wird der 3D-Raum in Quader mit der Dimension $(dh_{x,y}, dx, dy)$ eingeteilt. Das Volumen wird durch das Aufsummieren aller beibehaltenen Volumenelemente berechnet:

$$V = \int_V dV = \iint h_{x,y} dx dy = \sum \sum h_{i,j} \Delta x_i \cdot \Delta y_j . \quad (1)$$

$h_{i,j}$ entspricht den positionsabhängigen Höhenwerten des Pflanzenbestandes. Durch die Positionsänderung über der x -Achse Δx und die Positionsänderung über die y-Achse Δy wird ein Flächenelement bestimmt.

2.3 Sensorfusion LiDAR – und Lichtschattensensor auf Datenebene

Bei der Fusion auf Datenebene werden die Sensorrohdaten des LiDAR- und Lichtschattensensors direkt miteinander kombiniert. Die beiden Sensoren arbeiten mit unterschiedlichen Abtastfrequenzen. Um eine Datenfusion zu ermöglichen, müssen die

Messdaten mit einer gemeinsamen Ortsauflösung (die Position auf der X-Achse) referenziert werden. Bei der Berechnung des Volumens einer Parzelle ist zu beachten, dass der Lichtschattensensor die seitliche Flächenbelegung in der Mitte einer Parzelle (zwei Saatreihen) erfasst. Es wird angenommen, dass die anderen Saatreihen in dieser Parzelle die gleiche Dichte haben. Die nichtunterbrochenen Lichtstrahlen im Schattenbild zeigen die Lücke im Flächeninhalt der begrenzten Flächen zwischen den Boden- und Höhenpunkten einer Scan-Linie des LiDAR-Sensors in der x-Position:

$$F_x = \sum (\Delta F_x \cup N_{lg\ x}), \quad (2)$$

mit den Teilflächen an einem Standpunkt der X-Achse ΔF_x und einem Vektor des Schattenbilds in x-Position $N_{lg\ x}$. Das Volumen einer Parzelle wird als Summe der Multiplikation aller Teilflächen und der allgemeinen Auflösung der X-Achse berechnet:

$$V = \sum \left(\begin{bmatrix} F_{x1} \\ \dots \\ F_{xi} \end{bmatrix} \cdot \Delta x \right). \quad (3)$$

2.4 Sensorfusion LiDAR – und Lichtschattensensor auf Merkmalebene

Die Fusion auf Merkmalebene folgt nach einer Vorbearbeitung, wodurch die Datenmenge auf Merkmale reduziert wird. Hierbei werden die beiden pflanzlichen Merkmale Höhe und Dichte in den jeweiligen Positionspunkten der X-Achse zusammengelegt. Hier wird die positionsreferenzierte Dichte als unterbrochene Zellen zur gesamten Anzahl der unter den höchsten Werten liegenden Pixeln des Schattenbildes bestimmt. Das Volumen wird als Summe der Volumenelemente, die mit der positionsreferenzierten Dichte von Lichtschattensensor gewichtet werden, berechnet:

$$V_{veg} = \sum \sum \left[\begin{bmatrix} h_{11} & \dots & h_{1j} \\ \dots & \dots & \dots \\ h_{i1} & \dots & h_{ij} \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} \Delta y_{11} & \dots & \Delta y_{1j} \\ \dots & \dots & \dots \\ \Delta y_{i1} & \dots & \Delta y_{ij} \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} \rho_1^* \\ \dots \\ \rho_i^* \end{bmatrix} \right] \Delta x. \quad (4)$$

2.5 Biomassevorhersage mittels Machine Learning

Die zerstörungsfreie Bestimmung der Biomasse von einer Triticale-Parzelle ist eine komplexe Aufgabe, die viele präzise Sensordaten benötigt. Da keine definierten Abhängigkeiten dafür vorhanden sind, werden die Methoden des überwachten Lernens für die Erstellung des Frischbiomasse-Vorhersagemodells verwendet. Die konventionell erfassten Biomassedaten lagen als Referenzwerte zum Trainieren des Modells vor. Als Training-Datensatz werden die aus den feldbasierten Sensorrohdaten extrahierten Pflanzenmerkmale Volumen, Bedeckungsgrad und Wuchshöhe verwendet. Das Vorhersagemodell wird mittels der Gauß'schen Prozessregression mit der exponentiellen Kernel-Funktion `fitrgp()` von MATLAB® erstellt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Als Anwendungsbeispiel der Sensordatenfusions-Algorithmen wird die Biomasse von Triticale-Versuchspartellen betrachtet. Hierzu liegen jeweils invasiv konventionell erfasste Frischmassereferenzdaten zum Vergleich und zur Kalibrierung vor.

Die Auswertung erfolgte auf vier Datensätze: zwei Wachstumsstadien an zwei unterschiedlichen Orten (Tab. 1). Die Datensätze umfassen insgesamt 1503 Feldversuchspartellen. Es wurden hohe Determinationskoeffizienten für den Vergleich zwischen dem parzellenbezogenen Volumen und Frischmassereferenzdaten erreicht: Die besten Ergebnisse wurden für die LiDAR- und Lichtschattensensor-basierende Datenfusion auf Merkmalsebene erzielt.

Sensor	Parameter	Stuttgart-Hohenheim		Moosburg	
		25.05.2018	20.06.2018	4.06.18	14.06.18
LS	Bedeckungsgrad	0,7105	0,7975	0,7327	0,7742
LiDAR	Volumen	0,7029	0,8624	0,8724	0,7382
LiDAR und LS	Volumen (Daten Fusion)	0,6754	0,8702	0,8782	0,7555
LiDAR und LS	Volumen (Merkmal Fusion)	0,7862	0,8979	0,9033	0,8812

Tab. 1: Die Determinationskoeffizienten der Regression zwischen dem Volumen und der Frischmasse für zwei unterschiedliche Wachstumsstadien an zwei Versuchsorten

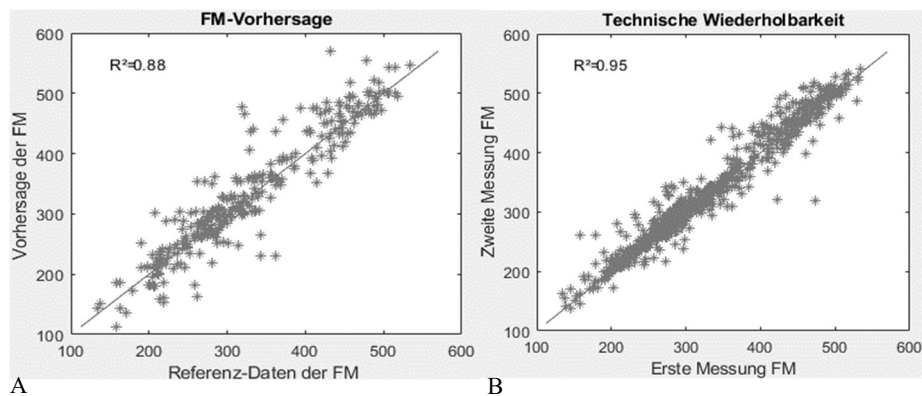


Abb. 2: A) Korrelation zwischen vorhergesagten Daten mit Machine Learning und Referenz-Daten; B) Technische Wiederholbarkeit der vorhergesagten frischen Biomasse

Jeder Parzelle wurde mehrfach vermessen, um die technische Wiederholbarkeit der Messsensoren selbst und der Algorithmen für die Bestimmung der Pflanzenmerkmale zu validieren. Das Bestimmtheitsmaß der Wiederholung der einzelnen Parameter liegt

zwischen 0,84 und 0,95. Als Training-Datensatz für das Biomasse-Vorhersage-Modell werden 80 % der extrahierten Parameter der Feldversuchspartellen verwendet. Die Restlichen 20 % werden zum Testen und Berechnung der Genauigkeit gebraucht. Das Bestimmtheitsmaß zwischen den vorhergesagten und den Referenz-Daten beträgt 0.88 (Abb. 2A). Die Genauigkeit der technischen Wiederholbarkeit liegt bei 0.95 (Abb. 2B).

Durch die Verwendung zusätzlicher Pflanzenparameter (z. B. Wassergehalt) oder eine Vergrößerung des Training-Datensatzes könnte die Genauigkeit des Vorhersage-Modells noch weiter erhöht werden.

4 Schlussfolgerungen

Es wurden LiDAR- und Lichtschattensensor-basierte Sensordatenfusion-Ansätze anhand von Merkmalen und Sensorrohdaten betrachtet. Auch wenn Sensoren allein betrachtet eine niedrigere Korrelation aufweisen, kann diese durch Sensordatenfusion deutlich verbessert werden. Das berechnete parzellenbezogene Volumen auf Merkmal-Ebene erzielt eine bessere Korrelation mit frischer Biomasse als auf Datenebene. Die vorgestellte Methodik bietet das Potenzial für Anwendungen mit weiteren Sensoren und Merkmalen.

Danksagung: Das Forschungsprojekt SENSELGO wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V. und der Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovationen e.V. gefördert.

Literaturverzeichnis

- [Bu13] Busemeyer, L. et al.: BreedVision — A Multi-Sensor Platform for Non-Destructive Field-Based Phenotyping. In *Plant Breeding. Sensors* 13(3), Basel (Switzerland), S. 2830-2847, 2013
- [Mö16] Möller, K., et. al.: Feldtaugliche Multisensorplattform für High-Throughput Getreidephänotypisierung – Aufbau und Datenhandling. In: Ruckelshausen, A., Meyer-Aurich, A., Rath, T., Recke, G. & Theuvsen, B. (Hrsg.): *Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft 2016*. Bonn: GIL e.V., S. 137-140, 2016
- [Qi18] Qiu, R., Wei, S., Zhang, M., Li, H., Sun, H., Liu, G., & Li, M.: Sensors for measuring plant phenotyping: A review. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(2), S. 1-17, 2018.
- [Ra15] Rahaman, M., Chen, D., Gillani, Z., Klukas, C., & Chen, M.: Advanced phenotyping and phenotype data analysis for the study of plant growth and development. *Frontiers in plant science* vol. 6 619. 2015
- [Ru14] Ruckelshausen, A.: Neue Sensorentwicklungen – ein technischer Blick auf Pflanzen, Sensoren und Daten. In *Journal für Kulturpflanzen*, 66(2), Stuttgart, S. 73-79, 2014.
- [ZM05] Zhang, X., & Morris, J.: Volume measurement using a laser scanner. CITR, The University of Auckland, New Zealand, 2005

Anforderungen an eine Webanwendung zur satelliten- gestützten Entscheidungsfindung und optimierten Bewirt- schaftung im Grünland

Magdalena Dotzler¹, Sebastian A. Pauli¹, Elisabeth Becker¹, Wolfgang Angermair¹ und
Heinz Bernhardt²

Abstract: Deutschland verfügt über 4,7 Millionen Hektar Dauergrünland, was 28 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen entspricht. 1,06 Millionen Hektar dieser Fläche befinden sich im historisch bedingt kleinstrukturierten Bayern [La17]. Trotz der daraus resultierenden Bedeutung von Grünlandflächen in Deutschland gibt es derzeit in diesem Bereich kaum digitale Lösungen. Aus diesem Grund wurde ein Demonstrator entwickelt und potenzielle Interessensgruppen zu den zentralen Anforderungen an eine Grünlandanwendung befragt. Das Feedback differierte je nach Betriebsgröße deutlich. Die Resultate aus den Befragungen fließen in die weitere Entwicklung der Anwendung ein.

Keywords: Farm Management System, Grünlandmanagement, Satellitendaten, Smart Farming

1 Einleitung und Zielsetzung

Es gibt eine Vielzahl an Unternehmen in Deutschland, die sich auf die Aufbereitung von Satellitendaten spezialisiert haben. So ist es im Grünland theoretisch möglich, den aktuellen Frischmasseaufwuchs und Feuchtegehalt des Bestandes sowie die Bodenfeuchte mit hoher Genauigkeit über Fernerkundung zu ermitteln. Wichtigste Voraussetzung sind Referenzdaten zu Grünland zur Validierung und Anpassung von Algorithmen. Nach eigenen Recherchen gibt es weltweit derzeit noch keine auf Satellitendaten basierende Anwendung für Grünland, die die Forschungs- und Entwicklungsphase verlassen hat und flächendeckend kommerziell verfügbar ist. Dabei hat Grünland erhebliches Potential. Allein Deutschland verfügt über 4,7 Millionen Hektar Dauergrünland [La17]. Im Gegensatz zu den ein bis maximal zwei Ernten im Ackerland erfolgen im Grünland häufig vier bis fünf Schnitte pro Jahr auf Flächen mit einer überjährig konstanten Pflanzenzusammensetzung. Die systematische Erhebung von Ertrags- und Qualitätsparametern ist im Ackerbau über die Vermarktungswege etabliert. In vielen Grünlandbetrieben ist dies über ein hofeigenes Wiegesystem und Laboruntersuchungen bisher nicht wirtschaftlich darstellbar. Mithilfe einer Applikation zur digitalen Erhebung von Ertrags- und Qualitätsparametern kann dieses Defizit behoben werden. In einer Expertenbefragung wurden eine Konzeptstudie evaluiert und weitere Anforderungen an eine Grünlandapplikation definiert.

¹ FarmFacts GmbH, Rennbahnstraße 7, D-84347 Pfarrkirchen, magdalena.dotzler@farmfacts.de

² Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, D-85354 Freising

2 Material und Methoden

2.1 Erstellung eines Demonstrators

Anhand von User-Stories wurde eine Produktbeschreibung spezifiziert. Daraus wurde ein Demonstrator zur Visualisierung von Ideen und Funktionalitäten der geplanten Anwendung in Form eines klickbaren Mockups entwickelt.

2.2 Probandenbefragung

Im Vorfeld der Untersuchung wurden potenzielle Probandengruppen für Grünlandanwendungen identifiziert: landwirtschaftliche Betriebsleiter und Personen aus dem Umfeld des Beratungs- und Dienstleistungssektors. Für ein differenziertes, regionaltypisches Gesamtbild erfolgte die Auswahl landwirtschaftlicher Betriebe unter Berücksichtigung der Faktoren Flächenausstattung, -nutzung und Betriebsstandort in Deutschland. Es wurden ein mittelständischer, bayrischer Mischbetrieb, zwei kleinere Betriebe mit jeweils hohen Grünlandanteilen in kleinstrukturierten Regionen und ein Großbetrieb in Mecklenburg-Vorpommern mit annähernd 100 % Grünlandflächen befragt. Unter den Probanden aus dem Umfeld des Beratungs- und Dienstleistungssektors waren Mitarbeiter eines Amtes für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten und der Geschäftsführer eines Maschinenringes.

Der mittelständische und der Großbetrieb wurden in Einzelgesprächen befragt. Die Meinungen der verbleibenden Probanden wurden in einer Diskussionsrunde ermittelt. Hierbei erhielten die Teilnehmer zu Beginn Input in Form des Demonstrators und der Herangehensweise in der Arbeit mit Satellitendaten. Anschließend wurden sie mit Blick auf die zukünftigen Herausforderungen im Grünland zu einer Diskussion angeregt.

3 Ergebnisse

3.1 Demonstrator

Mit dem Demonstrator sollten priorisiert die Möglichkeiten hervorgehoben werden, die sich durch die Nutzung von Satellitendaten im Grünlandmanagement eröffnen. In der Summe entstanden aus den gegebenen Anforderungen sechs Wireframes. Der Demonstrator gliedert sich konzeptionell in die Anwendung NEXT Farming ^{LIVE} als Modul ein. Er beinhaltet grünlandspezifische Anpassungen auf der Startseite und eine Gesamtübersicht über die Grünlandschläge (siehe Abb. 1) eines landwirtschaftlichen Betriebes mit Angabe der durch Satelliten generierten, schlagspezifischen Daten.

NEX'T Farming Satellitengestützte Grünlandbewirtschaftung									
Erntejahr 2018									
Übersicht - Grünlandsschläge									
	Aktuelle Anzahl Schnitte / geplante Schnitte	Datum letzter durchgeführter Schnitt	Aufwuchs aktuell	Aufwuchs letzter Schnitt	Ø Aufwuchs diesjähriger Schnitte	TS-Gehalt	Bodenfeuchte	Datum nächster Schnitttermin	
<input type="checkbox"/> Select all									
<input type="checkbox"/> Grünlandsschlag 1 <small>Frischmasseaufwuchs der Fläche stark gesunken!</small>	2/4	22.06.2018	22,5 t FM/ha	6,9 t TM/ha	6,9 t TM/ha	22 %	22 %	Datum	
<input type="checkbox"/> Grünlandsschlag 2 <small>Feuchtigkeitsgehalt des Aufwuchses stark abgefallen!</small>	2/4	22.06.2018	27,9 t FM/ha	7,1 t TM/ha	7,1 t TM/ha	19 %	20 %	Datum	
<input type="checkbox"/> Grünlandsschlag 3 <small>ausreichende Erntemengen vorhanden!</small>	2/3	09.04.2018	27,0 t FM/ha	7,2 t TM/ha	7,2 t TM/ha	19 %	15 %	Datum	
<input type="checkbox"/> Grünlandsschlag 4	3/5	30.06.2018	23,4 t FM/ha	6,9 t TM/ha	6,9 t TM/ha	19 %	11 %	Datum	
<input type="checkbox"/> Grünlandsschlag 5	3/4	18.08.2018	22,5 t FM/ha	6,4 t TM/ha	6,4 t TM/ha	19 %	09 %	Datum	
<input type="checkbox"/> Grünlandsschlag 6	2/4	22.06.2018	25,0 t FM/ha	6,4 t TM/ha	6,4 t TM/ha	19 %	13 %	Datum	
<input type="checkbox"/> Grünlandsschlag 7	3/4	18.08.2018	22,5 t FM/ha	6,4 t TM/ha	6,4 t TM/ha	19 %	12 %	Datum	

Abb. 1: Gesamtübersicht über die Grünlandsschläge eines Betriebes als Startseite des Moduls

3.2 Ergebnisse der Probandenbefragung

Das Feedback des mittelständischen und des Großbetriebes war weitgehend positiv. Der Betrieb in Mecklenburg-Vorpommern erhofft sich durch ein derartiges Grünlandmanagementtool gezieltere Planungsmöglichkeiten in Bezug auf Silokapazitäten und den Einsatz bedarfsgerechter Erntetechnik. Der bayrische Betrieb sieht darin eine sinnvolle Ergänzung einer anzustrebenden Gesamtlösung für den landwirtschaftlichen Betrieb und erhofft sich durch die Verwendung des Moduls Effizienzsteigerungen. Die Meinungen, die im Rahmen der Diskussionsrunde erfasst werden konnten, wiesen dagegen ein breiteres Spektrum auf. Die Anwesenden aus dem Beratungs- und Dienstleistungssektor konnten für sich keinen ersichtlichen Nutzen aus der Anwendung ziehen. Die teilnehmenden Landwirte, die sich weitestgehend durch den Besitz von Betrieben in sehr kleinstrukturierten Regionen kennzeichneten, äußerten vorrangig Kritik und Bedenken bezüglich des Nutzenfaktors der Anwendung. Die Effizienzsteigerungen in kleineren Betriebsstrukturen seien zu gering, als dass die Software einen tatsächlichen Mehrwert bieten könne. Gleichzeitig sei eine Software für eine konkretere Betriebsorganisation und ein verbessertes Management unter diesen Bedingungen nicht notwendig, obgleich die lieferbaren Informationen interessant seien. Am vielversprechendsten seien die Angaben zum aktuellen und durchschnittlichen Frischmasseaufwuchs. Dabei stand nicht der betriebswirtschaftliche, sondern vielmehr der ordnungspolitischen Rahmen im Zentrum der Überlegungen. Ein weiterer geforderter Aspekt war die Unterstützung der Ertragsschätzung bei Weidehaltung, welche aktuell nicht im Fokus des Projektes steht.

4 Diskussion und Ausblick

Ausgehend von den in der Diskussionsrunde festgestellten Positionen wurden Verbesserungsvorschläge erarbeitet. So soll den Landwirten aus dem Frischmasseaufwuchs und dem Feuchtegehalt des Bestandes zum Zeitpunkt der Mahd die geerntete Menge auf den einzelnen Flächen möglichst genau angegeben werden. Die durch diese Änderung erhaltenen Daten sollen im Anschluss als erwarteter Ertrag bei der Erstellung der Düngedarfsermittlung verwendet werden können. Dies könnte den Landwirten je nach Ertragsfähigkeit der einzelnen Grünlandflächen Optimierung in der Düngung bieten. Dazu ist es notwendig, dass digitale Lösungen und Methoden nicht nur Eingang in die landwirtschaftliche Praxis, sondern auch in fachrechtlichen Regelwerken Akzeptanz und Anwendung finden. Darüber hinaus soll eine Gegenüberstellung der Flächendaten des Landwirtes mit den durchschnittlichen Leistungsbereichen des direkten Umkreises möglich gemacht werden. Dies soll es den Betriebsleitern ermöglichen, die Leistungsfähigkeit ihres Grünlandes regional zu vergleichen und zu bewerten. Zuletzt wird überlegt, das durchschnittliche EC-Stadium der Gräser auf den Flächen in das Konzept mitaufzunehmen, da dieses für viele Landwirte ein bedeutender Parameter bei der Bestimmung des optimalen Erntetermins darstellt.

Besonders die Ergebnisse der Diskussionsrunde lassen eine nur langsam fortschreitende Ausbreitung digitaler Systeme in Grünlandregionen vermuten. Die Anforderungen an die digitalen Lösungen unterscheiden sich von denen ackerbaulicher Betriebe, und vorliegende Betriebsstrukturen können häufig keine Vorteile aus digitalen Systemen unter Vernachlässigung des Informationsgewinns ziehen. Der Erfolg dieses Moduls ist allerdings abhängig von einer breiten Akzeptanz. Eine alleinige Konzentration auf Großbetriebe wäre nicht erfolgswürdig, da diese im Bereich der Grünlandbewirtschaftung die Ausnahme bilden. Mit den geplanten Anpassungen am Demonstrator wird versucht, für Landwirte in kleinstrukturierten Regionen ebenso wie für mittelständische Betriebe einen Mehrwert der Anwendung ähnlich dem der Großbetriebe zu generieren. Das ehrliche Interesse der Betriebsleiter am Demonstrator zeigte trotz der Kritik, dass Digitalisierung in kleinstrukturierten Regionen kein Widerspruch sein muss, sofern neue Ideen an die vorhandenen Bedingungen in eben diesen Regionen angepasst werden.

Literaturverzeichnis

- [La17] Statistisches Bundesamt: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei; Bodennutzung der Betriebe (Struktur der Bodennutzung). Fachserie 3 Reihe 2.1.2, S. 6/8, 2017.

Automatisierte Steuerung von virtuellen Biogas-Kraftwerksverbänden für den netzorientierten Betrieb

Entwicklung und Pilotierung eines Steuerungssystems im Rahmen des Verbundforschungsvorhabens VKV Netz

Chris Eicke¹, Daniel Schirmer¹, Marco Iezzi¹, Andreas Daum¹, Manfred Krause¹

Abstract: Das Steuerungssystem VKV Netz ermöglicht den auf die Erbringung regionaler Systemdienstleistungen ausgerichteten Betrieb virtueller Biogas-Kraftwerksverbände. Damit leistet es sowohl einen Beitrag zum zukünftig gesteigerten Bedarf an Regelenergie durch regenerative Kraftwerke als es auch alternative, zukunftsfähige Erlöspotenziale für die zumeist landwirtschaftlichen bzw. landwirtschaftsnahen Biogas-Anlagenbetreiber abseits des EEG aufzeigt. Das Steuerungssystem wurde im Rahmen des BMWi-Verbundforschungsvorhabens VKV Netz (Förderkennzeichen 0325943A) durch die Hochschule Hannover, die SLT-Technologies GmbH & Co. KG sowie die Überlandwerk Leinetal GmbH in Kooperation mit assoziierten Biogasanlagen im Zeitraum 01.01.2016 bis 31.12.2018 entwickelt und pilotiert.

Keywords: Biogas, EEG, Erneuerbare Energien, Regelenergie, Systemdienstleistungen, Steuerungssystem, Automation

1 Motivation und Zielsetzung

Das Energieversorgungssystem der Bundesrepublik Deutschland befindet sich in einem fundamentalen Wandlungsprozess. Seit dem Jahr 2000 hat sich der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung von 6,4 % auf etwa derzeit etwa 36,3 % erhöht und damit mehr als verfünffacht [Um18]. Diese Entwicklung entspricht den von der Bundesregierung im EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) verankerten Zielen zur Erhöhung des Anteils regenerativer Stromerzeugung bis zur mindestens 80%igen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2050, wobei eine vollständige regenerative Versorgung angestrebt wird [Bd18].

Während die Bundesregierung mit dieser Zielsetzung rein auf den mengenbezogenen Anteil von erneuerbarer Stromproduktion an der Gesamtstromproduktion abzielt, ergibt sich im praktischen Betrieb von Stromnetzen die Herausforderung, dass die in der Vergangenheit vorwiegend von konventionellen Kraftwerken erbrachten Systemdienstleistungen zukünftig proportional zum Anteil an der Gesamtstromproduktion durch erneuerbare Kraftwerke erbracht werden müssen. Systemdienstleistungen stellen

¹ Hochschule Hannover, Fakultät IV – Wirtschaft und Informatik, Ricklinger Stadtweg 120, 30459 Hannover, chris.eicke@hs-hannover.de, daniel.schirmer@hs-hannover.de, marco.iezzi@hs-hannover.de, andreas.daum@hs-hannover.de, manfred.krause@hs-hannover.de.

regulierende Hintergrundprozesse im Stromnetz dar, die Aufgaben des Überwachens, frequenzbezogenen Ausbalancierens und Reparierens der Energieinfrastruktur erfüllen [De17]. Insbesondere die Gewährleistung der Stromnetzstabilität durch sogenannte Regelernergie stellt eine zentrale Systemdienstleistung dar. Nach derzeitigem Kenntnisstand werden erneuerbare Kraftwerke diese Systemdienstleistung auch in einem Szenario mit 100%iger Stromversorgung durch regenerative Energien erbringen können – vorausgesetzt, Strom-Erzeugung, -Abnahme und -Speicherung wirken intelligent mit erneuerbaren Biogaskraftwerken zusammen [Fr14].

Das in Biogasanlagen produzierte Gas kann für mehrere Stunden gespeichert und in Abhängigkeit von regionalen Netzanforderungen durch Blockheizkraftwerke (BHKW) verstromt werden. Damit können Biogasanlagen sowohl das schwankende Verhalten von Stromabnehmern als auch die volatile Einspeisung von Photovoltaik- und Windkraftanlagen ausgleichen. Mit Blick auf die zeitlich begrenzte EEG-Vergütung von 20 Jahren sind Betreiber von Biogasanlagen darüber hinaus angehalten, alternative Erlöskonzepte zu realisieren, um einen langfristig wirtschaftlichen Betrieb ihrer Anlagen zu ermöglichen.

Im Verbundforschungsvorhaben VKV Netz wurde im Zeitraum 01.01.2016 bis 31.12.2018 ein Steuerungssystem für den automatisierten Betrieb virtueller Biogas-Verbundkraftwerke mit dem Fokus auf die Sicherstellung einer regionalen Stromnetzstabilität entwickelt und unter Einbindung von kooperierenden Biogas-Standorten pilotiert. Das Vorhaben mit einem Projektvolumen von etwa EUR 1,1 Mio. wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Förderkennzeichen 0325943A). Während die Hochschule Hannover die relevanten Entscheidungs- und Wirtschaftlichkeitsmodelle entwickelt und die Konsortialführung übernimmt, werden die Modelle durch die SLT-Technologies GmbH & Co. KG in ein IT-System implementiert. Der Netzbetreiber Überlandwerk Leinetal GmbH verantwortet die Systemintegration in das Bestandsnetz.

2 Das Steuerungssystem VKV Netz

Das Steuerungssystem VKV Netz verbindet Biogas-Standorte virtuell zu einem Gesamtkraftwerk und steuert dieses teilautomatisiert mit dem Ziel der Regulierung der Netzstabilität in einer zuvor definierten Region, z. B. dem Stromnetz eines Netzbetreibers oder Bilanzkreisverantwortlichen. Der Vorteil der Steuerung eines virtuellen Kraftwerkverbunds liegt im Vergleich zu der ausschließlichen Betrachtung einzelner Standorte in der Entkoppelung bzw. Verminderung standortindividueller Restriktionen. So können z. B. Ausfallzeiten eines Standorts durch die übrigen Anlagen im Verbund kompensiert werden. Abb. 1 visualisiert die einzelnen Komponenten und deren Zusammenspiel im Steuerungssystem:

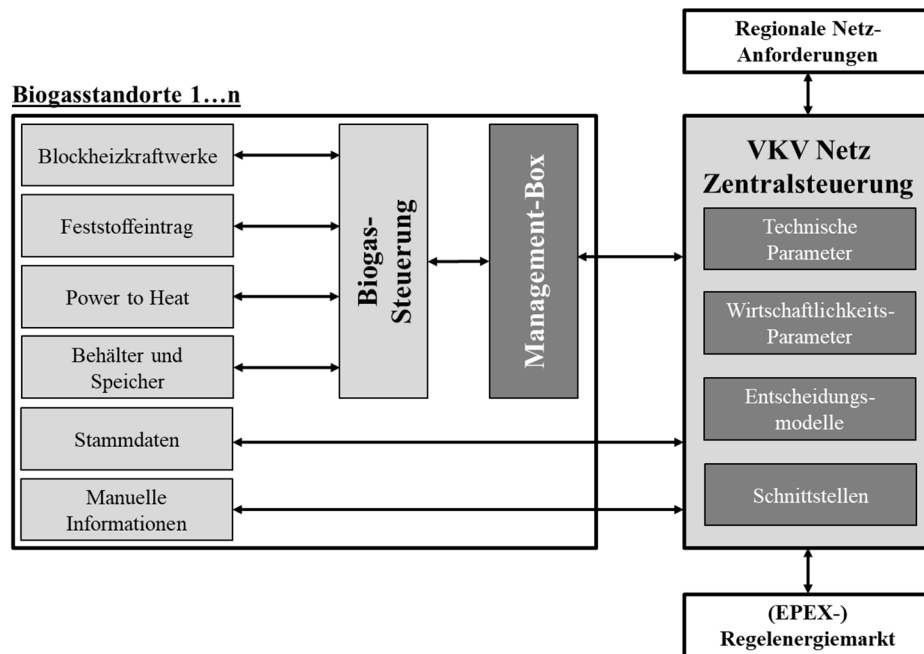


Abb. 1: Aufbau des Steuerungssystems VKV Netz

Das virtuelle Verbundkraftwerk setzt sich zusammen aus einer Menge von Biogasanlagen und einer Zentralsteuerung. Die steuerungsrelevanten Informationen jedes Standorts werden aus der standortindividuellen Biogas-Steuerung über eine Management-Box mit der VKV Netz Zentralsteuerung synchronisiert. Darüber hinaus werden die standortindividuellen Stammdaten und manuelle Informationen hinterlegt. Als steuerungsrelevante Informationen sind insbesondere zu benennen:

- **Installierte Leistung:** die elektrische Gesamtleistung eines Standorts
- **Bemessungsleistung:** die durchschnittliche elektrische Leistung im Kalenderjahr.
- **Höchstbemessungsleistung:** die vom Gesetzgeber maximal geförderte Einspeiseleistung im Jahresmittel.
- **Elektrische Mindestleistung:** die mindestens und stets zu erbringende elektrische Leistung, die sich vorwiegend aus thermischen Bedarfen ergibt, z. B. aufgrund vertraglicher Vereinbarungen mit Wärmenetzkunden.
- **Gaspeicher-Füllstände:** die Menge des derzeit eingelagerten Biogases sowie die sich daraus ergebende verbleibende Speicherkapazität.
- **Gasproduktionskapazität:** die insbesondere vom Rohstoff-Input abhängige Produktionskapazität von Biogas je Zeiteinheit.

- Gasverbrauch der BHKW: der Biogas-Verbrauch je kWh erzeugter elektrischer Energie.
- Reaktionsgeschwindigkeit der BHKW: der zeitliche Versatz der Reaktion auf Fernsteuerungs-Maßnahmen.
- Ausfallzeiten: geplante Ausfälle, z. B. aufgrund von Wartungsarbeiten, die in Soll-Fahrplänen manuell durch die Betreiber hinterlegt werden.

In der VKV Netz Zentralsteuerung werden die steuerungsrelevanten Parameter der einzelnen Biogasstandorte ausgewertet und in den Steuerungsentscheidungen gewürdigt. Eine einzelne Steuerungsentscheidung läuft dabei nach dem in Abb. 2 dargestellten Prozess ab.



Abb. 2: Ablauf des Steuerungsprozesses

Nach erkanntem Steuerungsbedarf werden die steuerungsrelevanten Parameter dahingehend geprüft, welche Anlagen den Bedarf technisch erfüllen können. Sollte z. B. ein Bedarf nach zusätzlicher Einspeiseleistung bestehen, so entfallen in diesem Schritt sämtliche Anlagen, die zum relevanten Zeitpunkt bereits unter Vollast betrieben werden. Anschließend werden die wirtschaftlichen Implikationen eines Steuerungsvorgangs kalkuliert. Dabei ist insbesondere zu prüfen, ob durch die geplante Steuerung ein Schaden durch entgangene EEG-Erlöse realisiert würde und wie hoch dieser wäre. Abschließend erfolgt die Steuerung einer oder mehrerer Anlagen des virtuellen Verbunds. Sollte die Steuerung einer einzelnen Anlage nicht zur Deckung des Steuerungsbedarfs genügen, wird der Bedarf inkrementell durch Steuerung weiterer Anlagen gedeckt. Neben den beschriebenen technischen und wirtschaftlichen Parametern wird hierbei eine faire Auswahl im Sinne einer möglichst gleichmäßigen Verteilung von Steuerungsentscheidungen im virtuellen Kraftwerk berücksichtigt.

Zusätzlich zur Auswahl der zu steuernden Anlagen ist die Festlegung der konkreten Steuerungs-Maßnahmen nötig. Abb. 3 visualisiert dabei die zu berücksichtigenden Parameter.

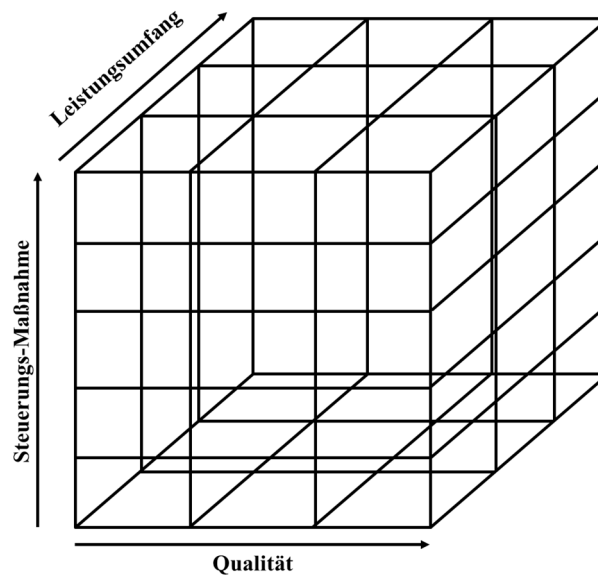


Abb. 3: Maßnahmenraum im Steuerungssystem

Potenziell können zur Erfüllung von Steuerungsbedarfen folgende Maßnahmen ausgewählt werden:

- Abschaltung eines BHKW: Ein aktives BHKW eines Standorts wird vollständig abgeschaltet.
- Zuschaltung eines BHKW: Ein inaktives BHKW wird zugeschaltet.
- Leistungsreduktion BHKW: Ein aktives BHKW wird abhängig von seinen technischen Restriktionen in seiner Leistung gedrosselt.
- Leistungserhöhung BHKW: Ein aktives BHKW wird entdrosselt.
- Aktivierung eines Power-to-Heat-Moduls: Ein Power-to-Heat-Modul wird aktiviert.
- Aktivierung lokalen Verbrauchs: Andere lokale Verbraucher werden am Standort der Biogasanlage aktiviert.

Die individuellen technischen Restriktionen eines Biogas-Standorts beeinflussen die Eignung der einzelnen Steuerungsmaßnahmen. Es ist einerseits der notwendige Umfang der Steuerungs-Maßnahme zu würdigen („Leistungsumfang“, z. B. Zuschaltung von 1.500 kW_e), andererseits ist die Qualität der Anforderung zu berücksichtigen. Die Qualität beschreibt die benötigte Reaktionsgeschwindigkeit zur Umsetzung einer Steuerungsmaßnahme. Das Steuerungssystem VKV Netz ist integrierbar mit dem

bestehenden EPEX-Börsensystem zum Handel von Regelernergie, sodass äquivalent dazu drei Qualitätsstufen unterschieden werden:

- Regelungs-Anforderungen der ersten Qualitätsstufe sind binnen 30 Sekunden zu erfüllen („Primärregelung“) und bis zum Einsetzen der zweiten Stufe zu halten.
- Anforderungen der zweiten Qualitätsstufe („Sekundärregelung“) werden binnen 5 Minuten erfüllt.
- Regelungsbedarfe, die länger als 15 Minuten bestehen, werden von der dritten Qualitätsstufe („Minutenreserve“) abgelöst.

3 Fazit und Ausblick

Mit der Fokussierung auf den netzorientierten Betrieb von virtuellen Biogas-Kraftwerksverbänden leistet das Steuerungssystem VKV Netz einen Beitrag zur Gestaltung zukünftiger, wirtschaftlicher Betriebsmodelle für Biogasanlagen. Durch die Fokussierung auf die Erbringung von Systemdienstleistungen werden dabei zudem die im Vergleich zur Windkraft und Photovoltaik höheren Stromgestehungskosten von Biogasanlagen legitimiert. Die Pilotierung des Steuerungssystems erfolgte im Zeitraum Oktober 2017 bis September 2018 und konnte die technische Realisierbarkeit des Konzepts nachweisen. Zukünftige Forschungs- und Entwicklungsbedarfe sind insbesondere bei der Weiterentwicklung der gesetzlichen Rahmenwerke zu sehen. Aus technischer Sicht sind die zunehmende Intelligenz von Stromabnehmern und die Entwicklung von Speichertechnologien bei der Weiterentwicklung des VKV Netz Systems zu berücksichtigen.

Literaturverzeichnis

- [Bd18] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.: Bruttostromerzeugung im ersten Halbjahr 2018, online verfügbar unter: https://www.bdew.de/media/documents/2018-0710_Stromerzeugungsmix-Hj1.pdf, Stand: 02.11.2018.
- [De17] Deutsche Energie-Agentur: Innovationsreport Systemdienstleistungen, online verfügbar unter: <https://www.dena.de/themen-projekte/energiesysteme/stromnetze/systemdienstleistungen/>, Stand: 02.11.2018.
- [Fr14] Fraunhofer IWES: Abschlussbericht zum Forschungsprojekt Kombikraftwerk 2, online verfügbar unter: http://www.kombikraftwerk.de/fileadmin/Kombikraftwerk_2/Abschlussbericht/Kurzbericht_Kombikraftwerk2_final.pdf, Stand: 31.08.2014.
- [Um18] Umweltbundesamt: 2050: 100%, Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/energieziel_2050.pdf, Stand: 02.11.2018.

Entwicklung und Implementierung des FlexScreen-Tools zur besseren Datenerfassung in schweinehaltenden Betrieben und zum Monitoring von Tierbeständen unter besonderer Berücksichtigung der mikrobiellen Belastung

Franziska Fiege¹, Bettina Hundt², Alexander Ellebrecht², Marc Boelhauve¹

Abstract: In Zeiten der Digitalisierung und Automatisierung verändert sich auch das Aufgabenfeld der Landwirte. Das Datenmanagement erfolgt nicht mehr nur in den einzelnen Betrieben, sondern soll systemübergreifend vernetzt sein. Auch wenn der Begriff *Precision Farming* nicht mehr neu ist, sind nach wie vor zumeist noch Insellösungen am Markt und es fehlt an Vernetzungen entlang der kompletten Wertschöpfungskette [Ra05]. Daher soll im Rahmen des FlexScreen-Projektes die Datenerfassung auf den schweinehaltenden Betrieben optimiert und die Vernetzung über Schnittstellen geschaffen werden. Ziel ist es, durch eine bessere und tagesaktuelle Datenerfassung Veränderungen in den Tierbeständen schneller zu detektieren und somit die Überwachung der Tiergesundheit zu verbessern. Zusätzlich soll im Rahmen des Projektes ein mikrobiologischer Schnelltest entwickelt werden, welcher direkt vor Ort Ergebnisse liefert. Ergebnisse dieser und anderer Sensoren bzw. Schnelltests erfasst das Flexscreen-Tool mittels API (Application Programming Interface). Die Grundlagen für den Schnelltest und der Datenerfassung in den Betrieben konnten bereits realisiert werden.

Keywords: Monitoringmodell, Datenerfassung, Berichtspflichten, Lebensmittelsicherheit, Farmmanagement, Tiergesundheitsdatenbank

1 Einleitung

Der Strukturwandel in der Landwirtschaft bedingt sowohl eine Veränderung der tierärztlichen Dienstleistungen als auch eine Veränderung der Anforderungen an die schweinehaltenden Betriebe. Vor dem Hintergrund der 16. AMG-Novelle und der anhaltenden Diskussion über mehr Tierwohl und Tierschutz in der Nutztierhaltung gewinnt das Potenzial der Datenerfassung und -vernetzung in den landwirtschaftlichen Betrieben, aber auch entlang der gesamten Lebensmittelkette, an Bedeutung. Neben der Produktqualität sind Fragen der Prozessqualität zunehmend von gesellschaftlicher Relevanz. Innovative IT-Lösungen können hier unterstützend die in der Veredelungswirtschaft anfallenden Daten verarbeiten und somit strategische sowie

¹ Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Lübecker Ring 2, 59494 Soest, fiege.franziska@fh-swf.de, boelhauve.marc@fh-swf.de

² ChainPoint GmbH, Emil-Nolde-Str. 7, 53115 Bonn, b.hundt@chainpoint.com, a.ellebrecht@chainpoint.com

operativ nutzbare Informationen zur Verfügung stellen [Pa04]. Da es aber noch viele herstellerindividuelle Insellösungen gibt, soll im Rahmen des FlexScreen-Projektes eine solche systemübergreifende Vernetzung geschaffen werden. Ein verbessertes Informationssystem könnte zudem die tierärztliche Bestandsbetreuung verbessern und somit Tiergesundheit und Tierschutz in den Betrieben messbar machen. So fordert auch die Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz einen bundesweit einheitlichen „Tiergesundheitsindex“, welcher auf wissenschaftlicher Basis die bisherigen Maßnahmen zur Minimierung des Antibiotikaeinsatzes sinnvoll ergänzt [Ti17]. Zusätzlich stellt das Aufkommen pathogener Keime in der Tierhaltung nach wie vor sowohl für die Tierbestände als auch für die Gesundheit der Verbraucher ein erhebliches Problem dar. Zu den häufigsten vom Schwein übertragenden lebensmittelbedingten Zoonoseerregern zählen neben *Salmonellen spp.* auch *Campylobacter spp.* und *Yersinia enterocolitica*. Allein in Deutschland werden beispielsweise pro Jahr mehr als 60.000 Fälle von *Campylobacter*-Infektionen gemeldet. Da das Schwein symptomloser Träger der drei Bakterienarten sein kann, ist eine schnelle und genaue Detektion der Bakterien wichtig, um sowohl den Eintrag in die Lebensmittelkette als auch die weitere Transmission innerhalb der Tierbestände zu vermeiden [BfR, BP88, Ra15]. Im Rahmen der dreijährigen Projektlaufzeit (07/2017 – 06/2020) des FlexScreen-Projektes soll daher zum einen ein mikrobieller Schnelltest entwickelt werden, der eben diese Bakterien (*Salmonellen*, *Yersinien*, *Campylobacter*) zeitnah und zuverlässig detektiert, und zum anderen sollen mithilfe einer verbesserten Datenerfassung und -aufbereitung Rückschlüsse auf den gesundheitlichen Zustand der Tierbestände möglich sein, sodass zeitnah und präventiv auf vorkommende bzw. ansteigende Erregerbelastungen reagiert werden kann. Ergänzend wird das zu entwickelnde FlexScreen-Tool anonymisierte Datenauswertungen in Bezug auf die Tiergesundheit entlang der Wertschöpfungskette bieten und so einen besseren Überblick über die Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit schaffen. Ein Datennutzungskonzept regelt die Fragen des Datenschutzes.

2 Daten und Methode

In die Entwicklung des FlexScreen-Tools werden relevante Nutzergruppen und Experten einbezogen. So wurden vorab mittels einer Gruppendiskussion die Anforderungen seitens der Landwirte an ein solches Tool abgefragt. Daraufhin wurden das Vertrauenskonzept und das Anforderungsdokument erstellt und die Softwareentwicklung gestartet. In Abbildung 1 sind die auf Basis der Gruppendiskussion erstellten Autorisationsrollen und Nutzerprofile dargestellt. Für jedes Nutzerprofil können selektive Rechte hinterlegt werden, sodass der Tierhalter jederzeit Kontrolle über die Daten und Datennutzung hat.

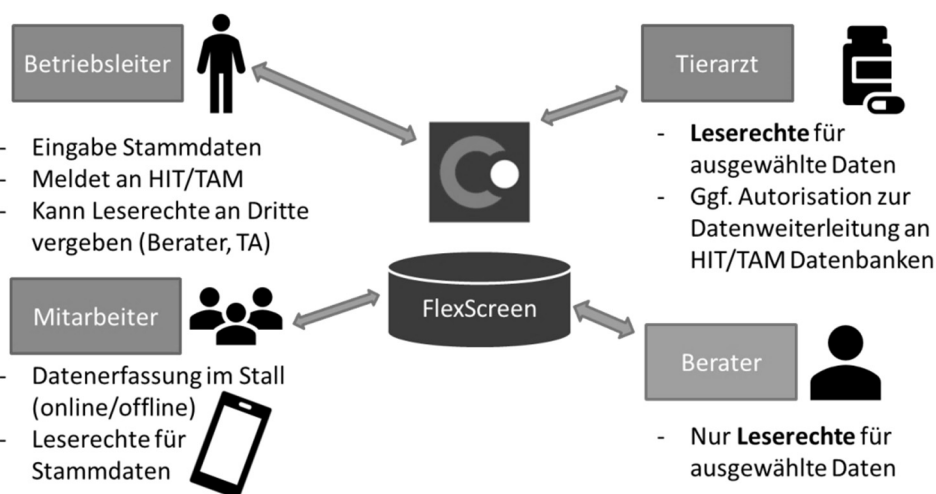


Abb. 1: Vorab festgelegte Autorisationen und Nutzerprofile

Das Tool wird zunächst in einem Pilotbetrieb mit Sauenhaltung, Ferkelerzeugung und Schweinemast getestet. In der darauffolgenden Validierungsphase (ab März 2019) werden mehrere Schweinehalter (Mast, Ferkelaufzucht und Sauenhaltung) das Tool testen. Mittels leitfadengestützter Interviews wird kontinuierlich das User-Feedback eingeholt und somit das FlexScreen-Tool den Anforderungen der Zielgruppe angepasst. Neben der Entwicklung der Datenbank wird der Bedarf einer solchen technischen Unterstützung entlang der Wertschöpfungskette untersucht und mögliche Betreibermodelle entwickelt. Hierzu werden mit relevanten Akteuren Gruppendiskussionen und Einzelinterviews durchgeführt, um mögliche Schnittstellen und Vernetzungen mit der Datenbank entlang der Lieferkette aufzudecken. Zudem soll die Erhebung einheitlicher tierbezogener Tiergesundheits- und Tierschutzindikatoren in den Betrieben getestet und validiert werden.

Der mikrobiologische Schnelltest basiert auf dem Prinzip, Autoinducer mittels Detektorbakterien zu visualisieren. Dies bietet den Vorteil, dass nur lebende Bakterien nachgewiesen werden und es somit nicht zu falsch-positiven Aussagen (z. B. nur DNA-Nachweis) kommen kann. Autoinducer sind Signalmoleküle, die von den Bakterien ausgeschüttet werden und der chemischen Kommunikation innerhalb und zwischen bestimmten Bakterienspezies dienen. Diese Art der Kommunikation wird als *Quorum sensing* bezeichnet und dient dazu, die Zelldichte der Population zu messen und so Prozesse zu steuern [BL06]. Für den Schnelltest relevant sind zwei verschiedene Autoinducer. Der Autoinducer 1, ein N-Acyl-Homoserin-Lacton, welcher von gram-negativen Bakterien zur innerartlichen Kommunikation genutzt wird, und der Autoinducer 2 (Furanosyl-Borat-Diester), welcher sowohl von gram-positiven und gram-negativen Bakterien zur innerartlichen als auch zur Kommunikation zwischen verschiedenen Bakterienspezies genutzt wird [LW13].

3 Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes konnten Autorisationsrollen festgelegt und ein Vertrauenskonzept erstellt werden. Dieses Konzept stellt sicher, dass in der stark arbeitsteilig organisierten Lieferkette der Austausch sensibler Daten geregelt ist. Die Ergebnisse der durchgeführten Gruppendiskussion zeigen, dass die befragten Landwirte weniger Skepsis bei dem Datenaustausch mit dem jeweiligen Tierarzt, Berater oder untereinander in Arbeitskreisen haben als gegenüber Ämtern und Überwachungsbehörden. Die weitere Systemrealisierung und -validierung erfolgt unter Berücksichtigung dieser Projektergebnisse.

Die Erfassung von Tierbewegungen für Mastferkel und -schweine wurde eingerichtet, sodass meldepflichtige Tierkategorien abgedeckt werden können. Die Erfassung von Tierbewegungen beinhaltet das Erstellen neuer Durchgänge, die Meldung von Verlusten (inkl. Angaben des Verlustgrundes), die tägliche Bestandskontrolle und den Verkauf der Tiere. Die Erfassung der Daten von Sauen und Saugferkeln befindet sich im Aufbau und wird zukünftig das FlexScreen-Tool ergänzen. Hierzu wird die Datenerfassung rund um die Abferkelung (lebend geborene Ferkel, tot geborene Ferkel, versetzte Ferkel), aber auch über die gesamte Säugephase (Saugferkelverluste, Gesundheitsstatus und Verhalten der Sau) eingerichtet und es werden die Tierbewegungen der einzelnen Sauen und der Sauengruppe erfasst.

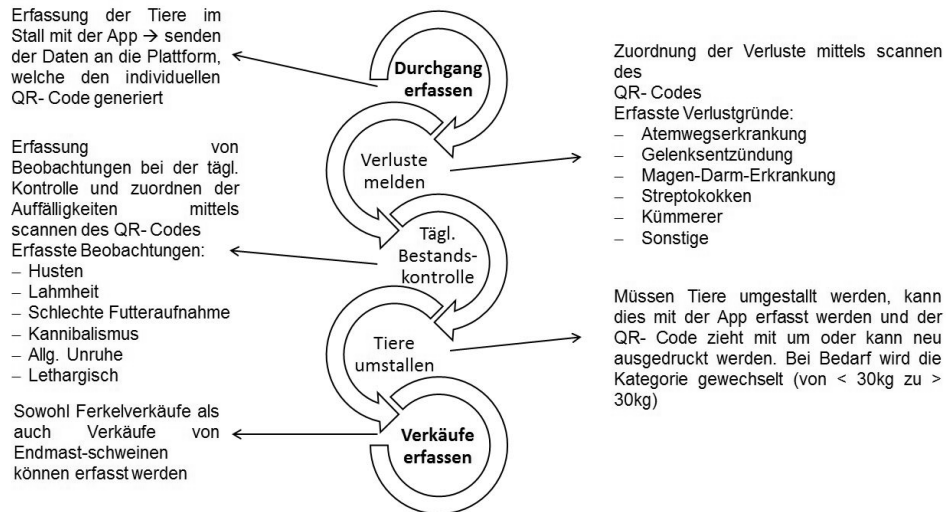


Abb. 2: Prozesse in der Ferkelaufzucht oder Mast, in denen Daten erfasst werden

Mittels individuell erstellter QR-Codes können die im Stall erfassten Daten den jeweiligen Buchten und Durchgängen oder bei den Sauen sogar den einzelnen Tieren zugeordnet werden. Dies schafft neben der reinen Erfassung von Tierbewegungen die Grundlage für durchgangsbezogene Auswertungen zu biologischen Leistungen. Zusätzlich können Indikatoren zur Tiergesundheit erfasst und ausgewertet werden. Wird diese Information später mit den Behandlungen und den Bestandsbesuchen des Tierarztes verknüpft, können auch kleine Veränderungen in der Tiergesundheit oder in den biologischen Leistungen schneller erkannt und frühzeitig behandelt werden.

Der Schnelltest wird vom Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und angewandte Ökologie IME und Quh-Lab Lebensmittelsicherheit entwickelt und befindet sich zurzeit noch in der Testphase im Labor und kann noch nicht in der Primärproduktion validiert werden. Das spätere Einpflegen der Ergebnisse und die Verknüpfung weiterer Laborergebnisse befinden sich aber schon in der Vorbereitung.

4 Diskussion

Schon während der Pilotphase zeigt das FlexScreen-Tool ein erhebliches Potenzial, die Datenvernetzung entlang der Wertschöpfungskette zu optimieren. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass es möglich ist, die Datenerfassung in den Betrieben zu optimieren und auch systemübergreifend bzw. -unabhängig zu arbeiten. Dies bietet die Möglichkeit, die geforderte Verbesserung der tierärztlichen Bestandsbetreuung und letztlich einen Tiergesundheitsindex zu realisieren und somit Tiergesundheit und Tierschutz in den Betrieben messbar zu machen [Ti17]. Auch wenn sich die Entwicklung des FlexScreen-Tools noch in einer sehr frühen Projektphase befindet, hat es das Potenzial, Tierärzte, Tierhalter, Schlachthöfe und Labore bis hin zum fertigen Lebensmittel miteinander zu verknüpfen. Schon 2005 forderte Ratschow systemübergreifende Lösungen mit einem standardisierten Datenformat. Dies soll uneingeschränkten elektronischen Datenverkehr zwischen den Partnern entlang der Lieferkette sicherstellen [Ra05]. Durch das Forschungsprojekt Flexscreen und die Einbindung von Forschungseinrichtungen ergibt sich der Vorteil, ein System nutzergruppenübergreifend zu realisieren und so unterschiedliche Interessen in Einklang zu bringen. Dies schafft die Grundlage für die bessere Vernetzung der Akteure entlang der Lieferkette und schafft so direkt zu Beginn das hohe Maß an Vertrauen, welches zur Etablierung notwendig ist. Final soll das FlexScreen-Tool auch im Rahmen von Bestandsuntersuchungen präventiv einzusetzen sein, um bereits frühzeitig einen möglichen negativen Eintrag von Pathogenen in die Tierhaltung bzw. das spätere Endprodukt zu vermeiden.

Literaturverzeichnis

- [BL06] Bassler, B.L.; Losick R.: Bacterially Speaking, *Cell*, (125), S. 237-246, 2006
- [BP88] Boosinger, T.R.; Powe, T.A.: *Campylobacter jejuni* infections in gnotobiotic pigs, *Am. J. Vet. Res.* 49, 456-458
- [Pa04] Pawelzik; Bernd: Das Wirtschaften aus dem Bauch ist vorbei, *Eilbote*, 47/2004, S. 12-15
- [LW13] Lee, Jasmin; Wu, Jien: A cell-cell communication signal integrates quorum sensing and stress response, *Nature Chemical Biology*, (09), S. 339-343, 2013
- [Ra05] Ratschow, J-P.: *Precision Livestock Farming für mehr Betriebserfolg*, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 2005
- [Ti17] Tierärztliche Bestandsbetreuung 2.0: Garant für Tiergesundheit und Tierwohl, *Dt. Tierärzteblatt*, (06) 65, S. 74-743, 2017

Ressourcenadaptives mobiles Assistenzsystem für komplexe Landmaschinen

Georg Fröhlich¹, Michael Stiller², Dhavalkumar Shekhada² und Javier Morgade³

Abstract: Auf der Basis von Edge- und Fog Computing Technologien wird von einem interdisziplinären Entwicklerteam im Rahmen des Forschungsprojekts INVIA ein neuartiges, cloudbasiertes Assistenzsystem für Training, Diagnose und Service an High-Tech Landmaschinen erforscht, konzipiert und prototypisch umgesetzt. Die Basis bilden verbreitete, möglichst offene Standards, Entwicklungs- und Systemumgebungen. Dabei soll das Assistenzsystem in Bereichen mit sehr unterschiedlicher Mobilfunkbandabdeckung und verschiedenen Endgeräten betrieben werden. Somit muss es derart adaptiv gestaltet sein, dass Fahrer und Servicetechniker den größtmöglichen Nutzen daraus ziehen können. Die Architektur des realisierten Systems und die ersten Ergebnisse der Einsatzerprobungen bei einem der beteiligten Landmaschinenhersteller werden im Folgenden beschrieben.

Keywords: Landmaschinen, Service, Videokommunikation, Edge Computing

1 Einleitung und Zielstellung

Durch den immer komplexeren Aufbau moderner mobiler Landmaschinen müssen diese, insbesondere in Problemsituationen, von immer weniger Spezialisten vollständig beherrscht werden. Da gleichzeitig mögliche Ausfallzeiten hohe Folgekosten verursachen können, sollen Maschinenführer und Servicetechniker (Operatoren) durch Service Desk und ausgebildete Trainer (Experten) sowie zentral bereitgestellte Dienste unterstützt werden. Dazu wird ein echtzeit-videobasiertes, interaktives und sich automatisch an Umgebungsbedingungen anpassendes Fernunterstützungssystem entwickelt (Abb. 1). Das System soll sowohl auf die veränderliche Qualität von Kommunikationsnetzen wie Bandbreitenschwankungen, Verzögerungen oder Abbrüche reagieren können als auch mit verschiedenen mobilen Endgeräten und damit verbundenen Rechnerkapazitäten funktionieren. Exemplarisch werden drei Anwendungsfälle betrachtet: 1. Assistierte Diagnose, 2. Assistierter Service und 3. betriebsbegleitendes onlinegestütztes Training des Bedieners im Praxiseinsatz auf der Basis von augmented reality (AR) Technologien und vernetzten Diagnosetools.

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising, georg.froehlich@LfL.bayern.de

² Fraunhofer-Institut für Eingebettete Systeme und Kommunikationstechnik, Hansastrasse 32, 80686 München, michael.stiller@esk.fraunhofer.de, dhavalkumar.shekhada@esk.fraunhofer.de

³ Smart Mobile Labs AG, Kistlerhofstraße 70, 81379 München, javier.morgade@smartmobilelabs.com

Im Projekt werden diese Anwendungsfälle mit zwei möglichst unterschiedlichen Maschinenkonzepten abgebildet: selbstfahrender Rübenroder und gezogene Einzelkornsämaschine. Dazu wurden mit den beteiligten Landmaschinenherstellern eine Bedarfsanalyse anhand realer Servicefälle durchgeführt und die technischen Anforderungen für die drei Einsatzfälle definiert. Die Forschungsziele liegen in der flexiblen, verteilten Softwarearchitektur, in der Quality of Experience der Assistenz, in der Mensch-Maschinen-Schnittstelle und in der Effizienzbetrachtung.

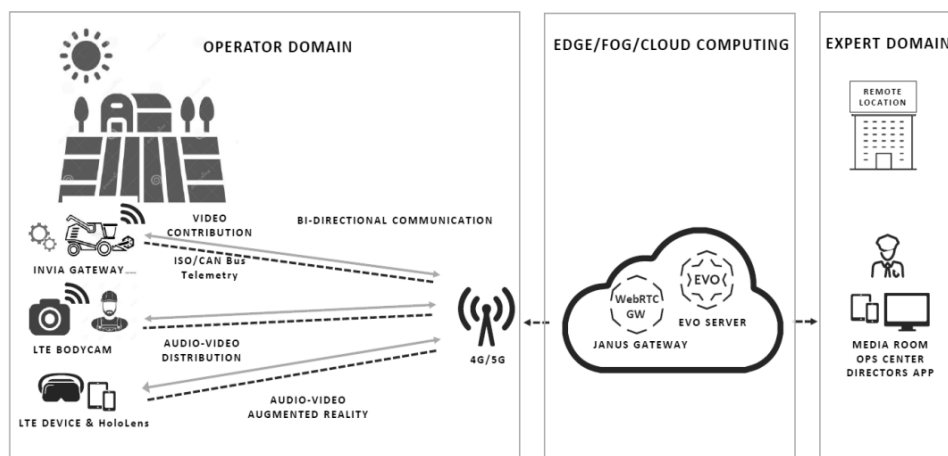


Abb. 1: Schematischer Aufbau der interaktiven mobilen Videostreaming Dienste Plattform für die Fernassistenz (INVIA)

2 Material und Methoden

Zur Bestätigung der Bedarfsanalyse wurden die wichtigsten Anforderungen an das System aus Anwendersicht durch eine Hospitation und Befragung am Service Desk der Partner bei der Bearbeitung realer Servicefälle während der Hauptsaison erfasst und nach Erstellung des Prototyps ein praxisnaher Einsatztest durchgeführt.

Das INVIA-System besteht im Kern aus einer Mobile Edge Cloud (MEC), einer LTE Mobilfunk-Basisstation mit integrierten Rechner-Ressourcen, die Dienste ermöglicht, die eine geringe Latenz und gleichzeitig hohe Rechenkapazitäten benötigen. Hier können Video- und Datenströme aus verschiedenen Quellen orchestriert und mit AR-Informationen angereichert werden. Weiterhin kommt ein leistungsfähiges Maschinen-Gateway zum Einsatz, das neben der Weiterleitung von Maschinendaten und Video Streams eigene, maschineninterne Dienste wie z. B. die Position des Operators in Bezug zur Maschine anbieten kann. Mobile Endgeräte (Smartphones, Tablets und AR-Brillen)

bilden zusammen mit dem Gateway und der MEC eine Infrastruktur für verteilte neuartige browserbasierte Applikationen.

3 Ergebnisse

3.1 Bedarfsanalyse

Die Ermittlung der Unterstützungsfaktoren erfolgte durch Hospitation bei ca. 100 realen Servicefällen und anschließendem Interview mit dem Servicefachmann (Experte) über seine Einschätzung des Falls. Aus den standardisierten, skalierten Antworten konnten dann Häufigkeiten und Korrelationen ermittelt werden. Im Ergebnis soll die INVIA-Technologie vor allem dort eingesetzt werden, wo komplexe und umfangreiche Problemstellungen bearbeitet werden. Besonders Software- oder Einstellungsprobleme am Bedienterminal verursachen Probleme, die mit Display-Fernzugriff und unterstützenden Dialogen effizienter bearbeitet werden könnten. Durch den internationalen Markt entstehen immer wieder Verständnisprobleme, da die Sprachbarriere sowohl die Eingrenzung des Problems als auch dessen Lösung deutlich verzögern kann. Hier kann bereits eine einfache, sprachunterstützte bidirektionale Bildübertragung Abhilfe schaffen. Häufig sind die Anrufer aber auch Händler oder Mitarbeiter der Servicezentren und verfügen über sehr gute technische und Bedienerkenntnisse. Sie beantworten z. T. die Anfragen der Kunden (Operator) oder geben sie an den Service (Experte) weiter. Daher ist es vorteilhaft, diesen Personenkreis mit bestimmten Expertenfunktionen auszustatten oder eine Zusammenschaltung mehrerer Akteure zu ermöglichen.

3.2 Systemarchitektur

Das System lässt sich in die Bereiche Experte, Cloud und Operator unterteilen (Abb. 2). Zentral in der MEC werden verschiedene Videodienste wie Orchestrierung, Weiterleitung oder Bildanalyse zur Verfügung gestellt. Sie ist mit dem Operatorbereich bzw. den mobilen Geräten des Fahrers und dem Gateway verbunden sowie mit dem Expertenbereich (bzw. dem Service Desk), der auch die Möglichkeit, MEC-Dienste zu verwalten und AR-Funktionalitäten umzusetzen, bietet. Basistechnologie in der Cloud sind auf virtuellen Maschinen realisierte Docker- [Do18] und WebRTC Applikation Dienste [Ja18].

Kommunikationsebene

Die Verwendung von Web Real-Time Communication (WebRTC) [SSS18] bietet Protokolle und Programmierschnittstellen, die Echtzeitkommunikation für Anwendungen wie Videokonferenz, Datenübertragung, Chat und Desktop-Sharing zwischen den verschiedenen Komponenten ermöglichen. Eine wichtige Rolle spielt der

Edge Video Orchestrator (EVO) von SML, der Video- und andere Daten via LTE zuverlässig in Echtzeit mit Verzögerungen von weniger als 300 ms zwischen verschiedenen Teilnehmern (many-to-many) transportieren kann. Die Interaktion mit dem Orchestrator wird durch den Orchestrator Interactor (OCI) abstrahiert. Dieser stellt den Datentransfer sowie Authentifizierungen und andere Steuermechanismen zur Verfügung.

Gateway

Als Schnittstelle zur Maschine wird eine Edge Embedded Control Unit (ECU) vom Typ InMach ISY ADAS eingesetzt, welche als Baukastensystem ein flexibles Adaptieren an unterschiedliche Anforderungen ermöglicht. Das Linux-basierte System ermöglicht den Einsatz von Containerlösungen wie Docker, mit der die adaptive Softwarearchitektur (Fog) umgesetzt wird. Eigene Applikationen (z. B. OCI von SML) können auf dem System platziert werden. Um auf externe analoge Kameras auf Softwareebene zuzugreifen, wurde eine Adapterhardware als Schnittstelle entwickelt.

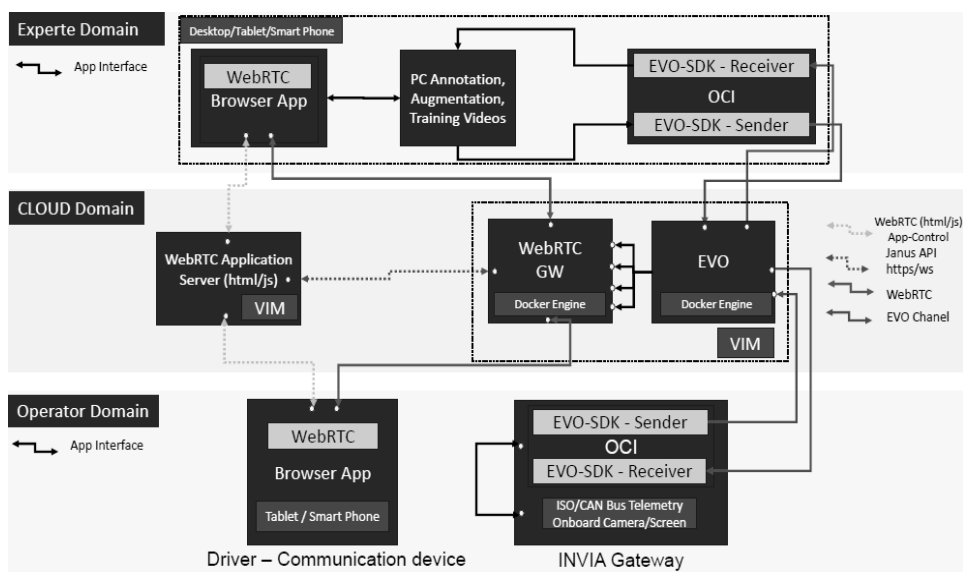


Abb. 2: Cloud-Access-Architektur des INVIA-Systems

SaaS-Plattform für Maschinenführer - Servicetechniker Interaktion

Im ersten Schritt wurde die Anwendung für den Assistenzdienst auf die direkte Kommunikation der Anwender und Experten ausgerichtet. Als möglichst plattform-unabhängige Lösung auf der Basis von WebRTC kann das Assistenzsystem mit Hilfe des webbasierten Ansatzes sowohl auf mobilen Android- und iOS-Geräten als auch auf Desktop-PCs abgerufen werden. Die prototypische Umsetzung des Assistenzdienstes

wurde auf Basis einer responsiven Webseite umgesetzt, die sowohl für den Operator als auch den Experten eine angepasste Ansicht anbietet. Die webbasierte Software as a Service (SaaS) Lösung bietet den Vorteil, dass der WebRTC Application Server und das WebRTC-Gateway dynamisch in der Edge ECU, im mobile Edge Computing System und der Cloud verteilt werden können.

3.3 Feldversuch im realen Landwirtschaftsszenario

Die erste Einsatzerprobung auf dem Feld erfolgte mit einem Rübenroder HOLMER exact Terra Dos T4-30, von welchem Maschinenterminal, ein CAN-Bus und eine Systemkamera über das Gateway (Edge ECU) mit dem INVIA-System verbunden wurden. Der Operator bediente abwechselnd Smartphone oder Tablet, der Experte hatte seinen „Service Desk“ auf einem PC am Feldrand. Die Bereitstellung der Infrastruktur erfolgte mit einer mobilen Basisstation von SML. Sie beinhaltet das INVIA Edge Framework: ein privat aufgebautes LTE-Netz mit radio access network (RAN) und evolved packet core (EPC), die Serverinfrastruktur mit der MEC sowie die Netzwerkschnittstellen (WiFi, Ethernet) zu den Geräten der Experten und zu Analyse- bzw. Tracking Tools.

Hauptinhalt des Feldtests war das realistische Nachstellen der drei Anwendungsfälle:

- vom Experten unterstütztes Training während der Feldarbeit mit Beobachtung des Ernteprozesses und der Einstellungen sowie Unterweisung des Fahrers,
- assistierte Fehlerdiagnose: interaktive Unterstützung des Maschinenführers (Operators) mittels bild- und videogestützter Diagnose durch Experten,
- assistierter Service: interaktive Unterstützung des Servicetechnikers (Operators) vor Ort durch Experten, einmal mit relativ einfacher Fehlerdiagnose über das Terminal und einmal mit interaktiver Unterstützung und Fehlersuche.

Getestet wurden neben Handling und Unterstützungseffekt die Qualität der Verbindungen zu allen Komponenten, die auftretenden Verbindungsaufbauzeiten, Verzögerungen zwischen den Sprach- und Videokanälen sowie Abbrüche oder Qualitätsverluste. Parallel wurde die verbrauchte Bandbreite der LTE-Verbindungen aufgezeichnet. Mit Verbindungsaufbauzeiten um 15 Sekunden und Verzögerungen unter 3 Sekunden konnten sehr gute Ergebnisse erreicht werden. Verbindungsabbrüche fanden während des Versuchs nicht statt, wurden aber in einem Pretest provoziert; beim Wiederaufbau der Verbindung war die Weiterarbeit sofort wieder möglich. Während des Tests traten an zwei Komponenten thermische Probleme auf, die Bitrate und Auflösung der Videoübertragung beschränkten. Trotzdem wurde von den Testpersonen die Unterstützung durch das System noch als gut eingeschätzt.

4 Schlussfolgerungen und nächste Schritte

Mit der vorgestellten Architektur konnte ein verteiltes, stabiles System zur echtzeitvideobasierten Fernassistenz prototypisch bereitgestellt werden. Bereits im jetzigen Stadium bestätigen die Testpersonen eine Verbesserung der Möglichkeiten in der Fernassistenz. Die wichtigsten zukünftigen Erweiterungen sind die Realisierung des Parallelbetriebes mehrerer Servicefälle und die flexible Verteilung von Software-Komponenten zur Laufzeit, die eine Anpassung des Services an die unterschiedliche Verfügbarkeit von Kommunikationsdiensten ermöglicht. Mit dem vorgestellten System sind verschiedene Hardwarekomponenten an unterschiedlichen Orten verfügbar, auf die die Systemleistung entsprechend der eigenen Leitungsfähigkeit und der Verfügbarkeit der Netzwerkressourcen wie Bandbreite oder Verzögerungen verteilt werden kann. Die geplante Lösung zur dynamischen Anpassung ist ein Mechanismus (seamless fallback service), der über Monitoragenten in den Komponenten (Cloud, Edge, Gateway, Endgerät) deren Ressourcenverbrauch und Verbindungsqualität ermittelt und an einen zentralen Monitorserver mit einer Datenbank übermittelt. Alle Konfigurationen und zugehörigen Parametergrenzen sind in einem zentralen Repository gespeichert. Ein Komparator vergleicht diese optimalen Daten mit den aktuellen und steuert über einen eigenen Orchestrator die Konfiguration der verteilten Services, so dass zeitweise eventuell weniger, aber dafür stabilere Dienstleistungen zur Verfügung stehen.

Ein zweiter Teil des Feldversuchs wird am Beispiel einer gezogenen Einzelkornsämaschine im Frühjahr 2019 mit dem bis dahin erweiterten System erfolgen.

Danksagung

Das Projekt INVIA (AZ 1241-16) wird von der Bayerischen Forschungsförderung gefördert. Konzept, Realisierung und Untersuchung des Systems und dessen Beschreibung in diesem Artikel erfolgt durch die Projektpartner Fraunhofer ESK, Holmer Maschinenbau GmbH, Horsch Maschinen GmbH, InMach Intelligente Maschinen GmbH, LfL Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Smart Mobile Labs AG (SML) und Weptun GmbH. Der Dank der Autoren gilt der Telefónica Germany GmbH & Co. OHG für die Unterstützung sowie allen beteiligten Personen, die nicht explizit aufgeführt wurden.

Literaturverzeichnis

- [Do18] Docker Documentation, <https://docs.docker.com/>, Stand 30.10.2018.
- [Ja18] Janus: the general purpose WebRTC server, <http://janus.conf.meetecho.com/>, Stand 30.10.2018
- [SSS018] Shekhada, D.; Stiller, M.; Salvi, A.: A comparison of current web protocols for usage in cloud based automation systems. In (Jasperneite, J.; Lohweg, V. (Hrsg.): Kommunikation und Bildverarbeitung in der Automation, Lemgo 2016. Springer Vieweg, Berlin, S., 2018.

Maschinenring Digital (MR digital)

Digitalisierungskonzept für kleine und mittlere Betriebe

Hans W. Griepentrog¹, Martin Weis², Hansjörg Weber³ und Wolfgang Schneider⁴

Abstract: Die kleinteilige und vielfach überbetrieblich mechanisierte Landwirtschaft in Baden-Württemberg stellt besondere organisatorische und wirtschaftliche Herausforderungen an die Betriebsleiter. Insbesondere, wenn im Pflanzenbau eine Effizienzsteigerung durch eine präzise Erfassung und Fusion mehrerer relevanter Daten angestrebt wird. Das Projekt schafft die Grundlagen für eine Digitalisierung von Prozessen in der Landwirtschaft, indem überbetriebliche Kooperationen durch den Austausch, die Kombination und die Wiederverwendung von Datensätzen und Precision-Farming-Techniken ermöglicht werden. Es werden dadurch gezieltere Maßnahmen der Applikation möglich.

Keywords: Digitale Landwirtschaft, Betriebsgrößen, IT-Strukturen, Ausfallsicherheit

1 Einleitung

Die kleinteilige und vielfach überbetrieblich mechanisierte Landwirtschaft in Baden-Württemberg stellt besondere organisatorische und wirtschaftliche Herausforderungen an die Betriebsleiter. Darüber hinaus muss die durch Naturschutz-, Wasserschutz- und Naherholungsgebiete geprägte baden-württembergische Landwirtschaft angepasste und nachhaltige Lösungen in den Bereichen Wasser- und Klimaschutz sowie Ressourceneffizienz entwickeln, ohne die Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe zu gefährden.

Die Eigenmechanisierung für kleinere und mittlere Betriebsgrößen mit modernen Maschinen findet normalerweise nicht in großem Umfang statt. Wenn die Investition in moderne Technik ausbleibt, wird häufig der Zugang zu moderner und insbesondere digitaler Infrastruktur schwierig, da die Vernetzung von Maschinen einen Einstieg in digitale Techniken darstellt. Ein überbetrieblicher Maschineneinsatz auf Ebene der Maschinenringe kann mit innovativer Landtechnik und digitaler Infrastruktur deshalb eine interessante Lösung darstellen, die dann über die Mechanisierung hinaus die Wettbewerbsfähigkeit dieser Betriebe langfristig stabilisieren kann.

¹ Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart, hw.griepentrog@uni-hohenheim.de

² LTZ Augustenberg, Kutschenweg 20, 76287 Rheinstetten-Forchheim, Martin.Weis@ltz.bwl.de

³ Landesverband der Maschinenringe in Baden-Württemberg, Olgastraße 111, 70180 Stuttgart, hansjoerg.weber@mr-bw.de

⁴ Dienstleistungszentrum ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück, Rüdeshheimer Str. 60 – 68, 55545 Bad Kreuznach, wolfgang.schneider@dlr.rlp.de

Die für alle Betriebe in Baden-Württemberg verbindliche Digitalisierung der Schlagdaten in FIONA (Flächen-Information und Online-Antrag) schafft eine wertvolle Datengrundlage für den Einstieg in Smart Farming und überbetriebliche Kooperationen. Voraussetzung für Smart-Farming-Techniken ist jedoch, dass die Betriebe zusätzlich Zugriff auf ergänzende Geobasis- und Geofachdaten bekommen. Darüber hinaus sind standardisierte, herstellerunabhängige Datenschnittstellen und Middleware-Komponenten notwendig, um die Daten aus unterschiedlichen Systemen vereinheitlicht zusammenzuführen. Darauf aufbauend lassen sich dann Prozessketten digitalisieren und neue Anwendungen entwickeln.

Das Projekt „MR digital“ soll jeder Betriebsform, insbesondere aber den kleinen und mittleren Betrieben in Baden-Württemberg, den Zugang zu digitalen Technologien und innovativer Technik im Bereich des Pflanzenbaus ermöglichen. Dabei sollen folgende Innovationen in der Praxis umgesetzt werden:

- Aufbau einer informationstechnischen Daten-Infrastruktur zur Bereitstellung geodatengestützter Beratungs- und Steuerungsinformationen für Maschinen.
- Aufbau einer herstellerunabhängigen Plattform zur Organisation des überbetrieblichen Einsatzes von informationsgestützter Landtechnik am Beispiel von teilflächenspezifischer organischer Düngung (Precision Farming).
- Förderung der dezentralen Datenhaltung in den Betrieben in Verbindung mit einem standardisierten Datenaustausch zur Wahrung der Datenhoheit und der Ausfallsicherheit der Landwirtschaft.
- Nutzung der digitalen Plattformen für eine regionale Vermarktung und Rückverfolgbarkeit der Produkte, um damit Transparenz zu schaffen und eine informierte, positive Öffentlichkeitswahrnehmung zu stärken.

Am Beispiel der Ausbringung von Wirtschafts- und Mineraldünger mit optimierter Düngeplanung und Stoffstrombilanzen sollen die entwickelten Strukturen umgesetzt werden. Das Projekt stellt die benötigten Daten und die Dokumentation in standardisierter Form zur Verfügung, so dass durchgängig digitalisierte Prozessketten aufgebaut werden können. Im Fokus stehen auch die Ziele, Ressourcen zu schonen, Umweltrisiken zu reduzieren (z. B. durch minimierten Nitrateintrag in Oberflächengewässer), Cross-Compliance-Vorgaben umzusetzen, die Maschinensteuerung zu vereinfachen und insgesamt das Betriebsmanagement durch eine gezielte Entscheidungsunterstützung zu optimieren.

2 IT Struktur

Um einen klaren Nutzen für die Landwirte zu generieren, sind nicht nur moderne vernetzbare Maschinen vonnöten. Eine digitale Landwirtschaft erfordert, dass

Maschinen und alle weiteren relevanten Beteiligten innerhalb einer digitalen Infrastruktur miteinander vernetzt sind. Beispielsweise sollte im Bereich des Pflanzenbaus eine bessere Verfügbarkeit von Geodaten dazu führen, dass daraus Beratungs- sowie Auftrags- und Steuerungsinformationen abgeleitet werden, aus denen Aufträge letztlich maschinenlesbar aufbereitet werden für eine praktische Umsetzung im Feld. Das könnte erreicht werden, indem herstellerunabhängige Plattformen zur Organisation des überbetrieblichen Einsatzes von informationsgestützter Landtechnik realisiert werden [IN14, Sc18, Gr17, CH18]. Dabei soll eine weitgehend dezentrale Datenhaltung in Verbindung mit standardisiertem Datenaustausch in den Betrieben erreicht werden. Die Dezentralität erscheint einerseits wichtig, weil sie konsequent Datenhoheit gewährleisten kann, und andererseits Vorsorge hinsichtlich der Ausfallsicherheit der digitalen Infrastruktur für die Produktion auf Betriebsebene liefert. Die Landwirtschaft insgesamt wird als sogenannte kritische nationale Infrastruktur in Deutschland angesehen, die auch in unerwarteten Ausnahmesituationen funktionsfähig bleiben muss. Deshalb muss die digitale Arbeitsfähigkeit auch ohne betrieblich externe Datenverbindung gegeben sein, um die Aufrechterhaltung der landwirtschaftlichen Produktion bei Netzausfall in Krisenfällen sicherzustellen.

Um den Risiken eines zentralen Cloud-Computings zu begegnen, erscheint es sinnvoll, ein eigenes dezentrales Netzwerk zu errichten. Bei einem solchen „Offline-First“-System geht es darum, Software und Datenhaltung so zu entwickeln, dass sie grundsätzlich ohne externe Internetanbindung weiterhin funktionsfähig bleiben. Alle Internetaktivitäten sollten sich grundsätzlich im Hinblick auf den Datenschutz und den Datenurheberschutz jederzeit deaktivieren lassen [Sc17]. Um eine möglichst resiliente Infrastruktur zu gewährleisten, sind deshalb Systeme mit lokalen Komponenten einer ausschließlich externen zentralisierten Cloud-Lösung vorzuziehen. Im Krisenfall stehen so auch ohne Internet in jedem landwirtschaftlichen Betrieb funktionsfähige IT-Systeme zur Verfügung, die zwar lokal isoliert, aber in ihrer Grundfunktion nicht beeinträchtigt sind. Abbildung 1 veranschaulicht vergleichend den Aufbau eines zentralistischen und eines hybriden dezentral-lokalen IT-Systems. Eine anzustrebende Struktur wäre eine mit hoher Resilienz (Ausfallsicherheit) und mit einer möglichst einfachen betrieblichen Nutzbarkeit. Als Beispiel wären Dashboard-basierte Systeme zu nennen, die die verbleibende Interaktion so einfach wie möglich halten [KRR18, Re18].

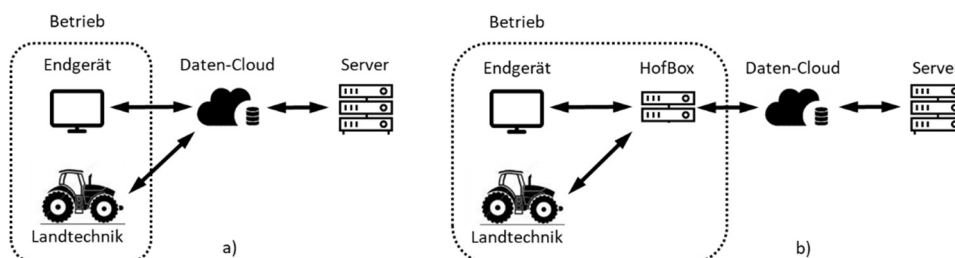


Abb. 1: a) Zentrales Datenportal ohne Resilienz bei Ausfall der externen Anbindung, b) ausfallsicheres internes Rechner-zu-Rechner-System, nach [Re18] (geändert)

Um eine betriebsinterne nahtlose Interoperabilität zwischen Maschinenkomponenten unabhängig vom Hersteller zu gewährleisten, ist beispielsweise das ADAPT-Framework von AgGateway eine mögliche Lösung. ADAPT (Agricultural Data Application Programming Toolkit) beseitigt die Barriere der Interoperabilität zwischen verschiedenen Soft- und Hardwareanwendungen.

3 Informationsbereitstellung (Datenaggregation)

Um ein Konzept eines dezentral ausgerichteten „Digital Business Ecosystem“ zu ermöglichen, wird eine standardisierte betriebliche Datenhaltung und eine regionale Vernetzung benötigt. Damit könnten zukünftig auch kleine Dienstleister, Handelspartner oder Technikhersteller die Entwicklung von eigenen, innovativen Digitalisierungslösungen, die nicht von zentralen Plattformbetreibern abhängen, fördern.

Bekannte Linked-Open-Data-Standards (LOD) vom World Wide Web Consortium (W3C) zusammen mit dem Resource Description Framework (RDF) ermöglichen es bereits, dass Maschinen ausgetauschte Daten in ihrer Bedeutung interpretieren können. Es fehlen jedoch derzeit vor allem die kontrollierten Vokabularien für die Landwirtschaft. Im Rahmen der vom BMEL geförderten Weiterentwicklung der standardisierten GeoBox- oder Hofbox-Infrastruktur sollen vom KTBL entsprechende Vokabularien (z. B. AgroRDF) für den Ackerbau entwickelt werden. Entsprechende Entwicklungen und deren Transfer könnten eine länderübergreifend anzugehende Initiative sein, um praxisorientierte Wertschöpfungsketten effizienter voranzubringen.

Um für unterschiedliche Zwecke in einem Betrieb die notwendigen Informationen von außen einholen oder nach außen bereitstellen zu können, stellt im Projekt ein sogenannter „Pass“ eine standardisierte virtuelle Datenaggregation dar, die auch als standardisiertes Dokument inklusive der Vokabularien aufgebaut ist.

Der *Standortpass* ist eine Aggregation für eine Region mit öffentlichen Standortinformationen (amtliche Geodaten) inklusive der eventuell verfügbaren Auswertungen von Fernerkundungs- und Sensordaten. Der *Feldpass* beinhaltet Schlag- und Bewirtschaftungsdaten und stellt damit ein standardisiertes Austauschformat für die Bearbeitung und Dokumentation einzelner Schläge bereit. Der *Auftrags- und Maßnahmen-Pass* enthält alle notwendigen Informationen, um eine Maßnahme wie den Pflanzenschutz und die Düngung zu ermöglichen. Er kann auch genutzt werden, um einen Auftrag inklusive Abrechnung durchführen zu können, und enthält deshalb auch die Dokumentation über eine abgeschlossene Maßnahme. Der *Produktpass* enthält produktbezogene Informationen wie z. B. für Feldgemüse, um entlang von Produktions- und Lieferketten für eine Qualitätsdokumentation in der Vermarktung zu sorgen.

4 Projektstruktur

Das Projekt ist in sechs Arbeitspakete aufgeteilt (Abb. 2): AP1 – Koordination, Bedarfs- und Systemanalyse, AP2 – Anforderungen an die Düngung, AP3 – Infrastruktur Land- und Informationstechnik, AP4 – Smart Services – Anwendung der Prozessoptimierungen, AP5 – Ökonomie, Organisatorische Vorteile, Agrarstruktur, Nutzen und AP6 – Weiterbildung, Training, Präsentationen und Veröffentlichungen. Nach einer Bedarfs- und Systemanalyse (AP1) wird jeweils die Infrastruktur und Technik (AP3) inklusive der Düngungsstrategie (AP2) modifiziert und anschließend im Feldeinsatz (AP4) erprobt und ökonomisch bewertet (AP5).

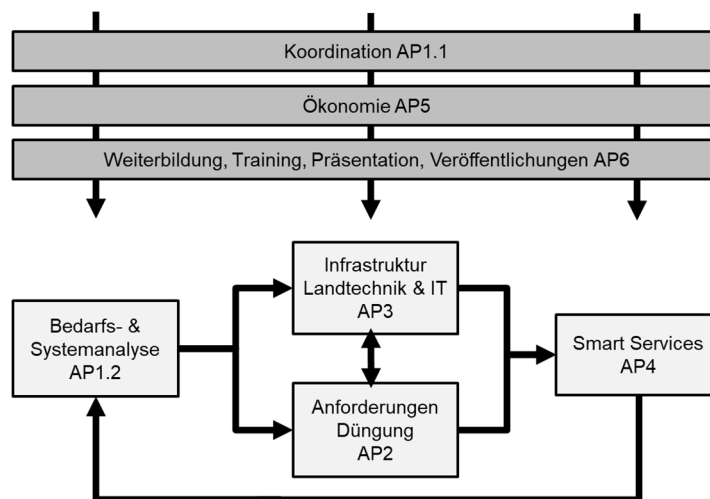


Abb. 2: Arbeitspakete und Projektstruktur

5 Zu erwartende Ergebnisse

Um betriebliche Ziele der Produktivität, der Umweltschonung und Produktqualität für jede Betriebsgröße über den Zugang zu digitalen Technologien zu ermöglichen, werden neue digitale Strukturen entwickelt und standardisiert, die insbesondere, aber nicht ausschließlich für überbetriebliche Kooperationen mit Maschinenringen geeignet sind. Im Pflanzenbau wird eine Effizienzsteigerung angestrebt durch eine präzise Erfassung und Fusion mehrerer relevanter Daten. Es werden dadurch gezieltere Maßnahmen der Applikation innerhalb der organischen Düngung möglich. Die Umwelt wird zunehmend geschont, da Ressourcen- und Gewässerschutz erreicht werden durch eine informationsgestützte Maschinensteuerung mit optimal angepassten Aufwandmengen und zielgenauer Ausbringung mit energieeffizienten Verfahren. Nachhaltige Betriebsstrukturen können nur erreicht werden, wenn die Wirtschaftlichkeit und

Wettbewerbsfähigkeit verbessert werden. Überbetrieblich kann eine digitale Schlagkraft passend zu den agrartechnisch umsetzbaren Möglichkeiten entwickelt werden. Die Resilienz des Systems als auch die Datensicherheit und der Datenschutz werden insbesondere in der zu entwickelnden dezentralen und herstellerunabhängigen Infrastruktur berücksichtigt. Insgesamt werden Effizienzsteigerungen und Umweltschonung im Pflanzenbau bei gleichen Erträgen und höheren Qualitäten infolge umfangreicher Erfassung und gezielter Zusammenführung von Daten erwartet.

Förderung

„MR digital – Überbetrieblicher Einsatz von informationsgestützter Landtechnik“ ist ein Projekt im Rahmen der Fördermaßnahme Europäische Innovationspartnerschaft „Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit“ (EIP-AGRI) mit einer Laufzeit von 2018 bis 2022. Die Projektkoordination liegt beim Landesverband der Maschinenringe in Baden-Württemberg e. V. Weitere Projektpartner sind die Güllegemeinschaft Neckar Odenwald GbR, der Maschinenring Ulm-Heidenheim, der Maschinenring Tettang, die Universität Hohenheim mit den Instituten für Agrartechnik, für landwirtschaftliche Betriebslehre und für Kulturpflanzenwissenschaften sowie das Landwirtschaftliche Technologiezentrum Augustenberg mit dem Referat für Pflanzenbau in Rheinstetten-Forchheim.

Literaturverzeichnis

- [CH18] Chancen. Risiken. Akzeptanz. Digitale Landwirtschaft – Ein Positionspapier der DLG, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Frankfurt 2018.
- [Gr17] Griepentrog, H.W. (2017): Paradigmenwechsel ohne Bauernopfer. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Frankfurt, Newsletter 19/2017.
- [IN14] Intelligente Wissenstechnologien für das öffentlich private Wissensmanagement im Agrarbereich – iGreen. Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) GmbH, Projekt-Schlussbericht, gefördert vom BmEL BLE, 2014.
- [KRR18] Kaufhold, M. A.; Reuter, C.; Radziewski, E. (2018): Design eines BCM-Dashboards für kleine und mittlere Unternehmen. In: Mensch und Computer 2018 – Workshopband (ed Dachselt, R. und Weber, G.), 2.9.2018, Gesellschaft für Informatik (GI), Dresden, S. 579-586.
- [Re18] Reuter, C.; Schneider, W.; Eberz, D.; Bayer, M.; Hartung, D.; Kaygusuz, C. (2018): Resiliente Digitalisierung der kritischen Infrastruktur Landwirtschaft – mobil, dezentral, ausfallsicher. In: Mensch und Computer 2018 – Workshopband (ed Dachselt, R. und Weber, G.), 2.9.2018, Gesellschaft für Informatik (GI), Dresden, S. 623-632.
- [Sc17] Schneider, W. (2017). Neben Chancen auch Risiken der Landwirtschaft 4.0. Getreide Magazin, 6, 1-15.

Geo-Informationen-Systeme für teilflächenspezifische Bewirtschaftungsmethoden zur Effizienzsteigerung und Ökologisierung in der österreichischen Landwirtschaft (GIS-ELA)

Lukas Hauer¹, Martin Wischenbart¹, Lukas Handl¹, Michael Datzberger¹, Peter Prankl¹,
Franz Handler² und Stefan Polly³

Abstract: Anschaffungskosten von modernem Precision-Farming-Equipment und fehlendes IKT-Know-how stellen vor allem für Betriebe in kleinen Strukturen beträchtliche Hürden dar. Gleichzeitig steckt erhebliches wirtschaftliches und ökologisches Potenzial im Einsatz von Precision-Farming-Technologien. Betriebsmittel (z. B. Dünger, Pflanzenschutzmittel und Kraftstoff) können effizienter eingesetzt und somit ein naturverträglicherer Umgang mit der Ressource Boden erreicht werden. Dieses Paper präsentiert den aktuellen Stand des EIP-Projekts GIS-ELA inklusive einer Vorstellung der entworfenen Softwareprototypen zur kostenlosen Düngekartengenerierung und deren Nutzung. Durch GIS-ELA soll der Einsatz solcher Technologien in der kleinstrukturierten österreichischen Landwirtschaft gefördert werden. Dazu werden Applikationskarten mithilfe frei verfügbarer Datenquellen, wie zum Beispiel Sentinel-2-Satellitendaten, erstellt und deren praxisrelevante Einsatzfähigkeit evaluiert. Diese Applikations- bzw. Düngekarten sollen mithilfe eines neu entwickelten QGIS-Plug-In voll automatisiert erstellt werden. Landwirte können die derart erstellte Karte sofort auf einem ISOBUS-fähigen Traktor einsetzen. Ebenso wird für nicht ISOBUS-fähige Traktoren eine Android-Smartphone-Applikation erstellt, die diese generierten Karten auf einem handelsüblichen Smartphone oder Tablet darstellen kann. Die Ausbringungsmenge muss dann durch Änderung der Fahrgeschwindigkeit bzw. der Öffnung am Mineraldüngerstreuer durch die Bedienperson am Traktor manuell verstellt werden. Damit können Betriebsmittel mit einfachen Methoden und low-cost Technikinput teilflächenspezifisch als auch bedarfsgerecht ausgebracht werden. Zeitgleich werden überversorgte Zonen auf Schlägen minimiert und die Applikationsmenge an den Bedarf sowie den Standort angepasst. Im Rahmen des Projektes GIS-ELA werden für Landwirte Schulungen zur Applikationskarten-Erstellung bzw. zur Verwendung dieser Applikationskarten mithilfe eines Smartphones oder Tablets angeboten. Zusätzlich zu den Schulungen vor Ort werden Schulungsdokumente und Videos erstellt und frei zugänglich veröffentlicht. Damit sollen interessierte Landwirte in der Lage sein, diese Methode einfach anzuwenden.

Keywords: Precision Farming, Applikationskarte, Düngekarte, Geo-informationssysteme, Sentinel

¹ Josephinum Research, Austria, Rottenhauser Straße 1, 3250, Wieselburg, lukas.hauer@josephinum.at

² Francisco Josephinum, Austria, Rottenhauser Straße 1, 3250, Wieselburg

³ Landwirtschaftskammer Niederösterreich, Wiener Str. 64, 3100 St. Pölten

1 Einleitung

Die Techniken des Precision Farming, also der Daten- und GNSS-gestützten Präzisionslandwirtschaft, gewinnen in vielen Industrieländern seit einigen Jahren immer mehr an Bedeutung. Insbesondere teilflächenspezifische Bewirtschaftungsmethoden, wie etwa die Nutzung von Ertragspotenzial- und (Dünger-)Applikationskarten, ermöglichen eine dem Bedarf der Pflanzen entsprechende Ausbringung von Betriebsmitteln bei gleichzeitiger Vermeidung von Überdüngung. Dies hat vor allem positive Umweltaspekte, denn wenn z. B. Stickstoffdünger nicht durch Pflanzen aufgenommen wird, kann er das Grundwasser gefährden, umgewandelt als Treibhausgas das Klima beeinträchtigen oder generell negative Folgen für die Landschaftsqualität bringen [UB18]. Für kleinstrukturierte landwirtschaftliche Betriebe, wie etwa in Österreich, sind allerdings oftmals die notwendigen Anschaffungen zu teuer, die technischen Lösungen zu komplex, oder es mangelt an entsprechendem Wissen und Praxiserfahrung in Ausbildung und Beratung.

Das Ziel des EIP-Projektes GIS-ELA („Geo-Informationssysteme für teilflächenspezifische Bewirtschaftungsmethoden zur Effizienzsteigerung und Ökologisierung in der österreichischen Landwirtschaft“) ist es, hier entgegenzuwirken. Neben der Evaluierung existierender Methoden unter realen Bedingungen auf mehreren Betrieben sollen durch Integration der Daten von verschiedenen Sensoren bzw. externen (frei zugänglichen) Quellen neue Methoden zur Kartenerstellung entwickelt und evaluiert werden. Basierend auf QGIS, einem frei verfügbaren desktopbasierten GIS-Tool, werden Plug-Ins zur Vereinfachung und Automatisierung der Kartengenerierung implementiert, etwa auf Basis von Satellitenaufnahmen oder Bodenproben.

Im Feldeinsatz können die generierten Karten in der ebenfalls entwickelten mobilen App einfach am Traktor verwendet werden. Ein Schwerpunkt im Projekt liegt in diesem Zusammenhang auf der Evaluierung der manuellen Steuerung des Düngerstreuers von der Fahrerkabine aus, mit Positionsbestimmung durch Tablets bzw. einer externen GNSS-Maus. Ohne Erfordernis spezieller Hightech-Hardware für den Traktor oder den Düngerstreuer können somit teure Investitionen vermieden werden. Sämtliche im Projekt entwickelte Software wird überdies Landwirten kostenfrei zur Verfügung gestellt. Die zur Kartengenerierung benötigte Software soll als Download bzw. als Android Smartphone Applikation über den Google Play Store bereitgestellt werden.

Ein weiteres Ziel des Projekts ist die detaillierte Dokumentation aller Schritte, um teilflächenspezifische Wirtschaftsweisen für österreichische Betriebsstrukturen umzusetzen. Für die Zielgruppe der Landwirte sollen insbesondere die Nutzung der Software für Kartengenerierung und Kartennutzung sowie ggf. notwendige Installationen auf Landmaschinen umfassend beschrieben werden. Auf Basis dieser Dokumentation soll der Wissenstransfer zu einer größeren Anzahl an LandwirtInnen erfolgen, etwa über Schulungsveranstaltungen in Zusammenarbeit mit der niederösterreichischen Landwirtschaftskammer.

2 Methodik

Als Grundlage für die Generierung von Applikationskarten werden im Projekt Multispektralaufnahmen von den agrarisch genutzten Flächen der Landwirte benötigt. Im Speziellen handelt es sich dabei um Satellitenbilder der Raumfahrtmission Sentinel-2 vom Copernicus-Programm der Europäischen Weltraumorganisation. Um mit diesen Satellitenbildern geeignete Karten für die Landwirte erstellen zu können, wird zusätzlich noch ein Geoinformationssystem – kurz GIS – verwendet.

2.1 Satellitenbilder

Satellitenbilder sollen als Grundlage für Düngeapplikationskarten dienen. Bei der Auswahl dieser Bilder liegt im Projekt GIS-ELA der Fokus auf frei zugänglichen Daten, da den Landwirten keine zusätzlichen Kosten entstehen sollen. Die Europäische Weltraumorganisation (ESA) unterhält in ihrem Copernicus Programm unterschiedliche Satelliten, darunter die beiden Sentinel-2-Satelliten. Jeder dieser Satelliten erstellt regelmäßig alle drei bis vier Tage flächendeckende Aufnahmen der Erdoberfläche im Wellenlängenbereich zwischen 443nm und 2190nm [SE18], die kostenfrei zum Download bereitgestellt werden. Durch Kombination von bestimmten Kanälen können die Reflexionseigenschaften der Pflanzen durch sog. Vegetationsindizes ausgedrückt werden [Li14]. Nach Download der entsprechenden Spektralkanalaufnahmen / Bänder werden diese mithilfe von QGIS weiterverarbeitet, um letztendlich die gewünschte Applikationskarte automatisch zu generieren.

2.2 Geoinformationssystem QGIS

Um die geografischen Daten verarbeiten zu können, wird die GIS-Software QGIS verwendet [QG18]. Da QGIS kostenfrei zur Verfügung steht, kann es von den Landwirten genutzt werden, um selbstständig Düngekarten zu erstellen. Um den Einstieg in die Düngekarten-Erstellung zu vereinfachen, wird in GIS-ELA ein spezielles QGIS-Plug-In entwickelt. Dieses Plug-In soll möglichst viel Komplexität vor den Endanwendern verbergen, um die Wahrscheinlichkeit einer Wiederverwendung zu erhöhen. Folgende Indizes werden anhand von Satellitenbildern mit QGIS berechnet:

- Normalized Difference Vegetation Index – NDVI
- Red Edge Inflection Point – REIP

Damit eine Berechnung dieser Vegetationsindizes möglich ist, werden die Spektralbänder vier bis acht des Sentinel-Satelliten benötigt, um folgende Formeln für die Berechnung der Indizes [EA18] einzusetzen.

$$NDVI = \frac{Band\ 8 - Band\ 4}{Band\ 8 + Band\ 4}$$

$$REIP = 700 + 40 * \frac{\frac{Band\ 4 + Band\ 7}{2} - Band\ 5}{Band\ 6 + Band\ 5}$$

Um für Landwirte eine korrekte Düngekarte erstellen zu können, bedarf es einiger Vorbereitung, um aussagekräftige Indizes zu finden. Durch Erstellen mehrerer Vegetationsindizes zu unterschiedlichen Zeitpunkten des Pflanzenwachstums in Kombination mit den Ertragsdaten werden Algorithmen erarbeitet, so dass eine zielgerichtete Applikation, angepasst an den Bedarf von Kultur und Boden, erreicht wird. Beispielhaft ist eine NDVI-Karte, in Abbildung 1 links, sowie eine Düngekarte, in Abbildung 1 rechts, dargestellt. Im dargestellten Vegetationsindex kann in den dunkleren Bereichen ein höherer Wert festgestellt werden. Diese Indexhöhe wird als Basis für die Zonierung einer Düngekarte herangezogen und beispielsweise in fünf gleiche Intervalle aufgeteilt. Jeder Indexwert wird einer Zone zugeschrieben, wobei Bereiche mit ähnlichen Werten zusammengefasst werden, um anschließend jeder Zone eine unterschiedliche Düngerausbringung zuzuteilen.



Abb. 1: Ein NDVI (links) und eine Düngekarte (rechts), generiert für einen Versuchsbetrieb

Die Generierung der NDVI- und Düngekarte wird bereits in der aktuellen Version des QGIS-Plug-Ins automatisch getätigt. Benötigt werden dafür Feldgrenzen und Spektralkanäle des Sentinel-2-Satelliten. Diese Spektralkanäle müssen aktuell noch manuell vom Endanwender heruntergeladen werden. Um dies ebenfalls automatisieren zu können, ist geplant, die Sentinel-2-API der ESA in das QGIS-Plug-In zu integrieren. Somit würden lediglich die Feldgrenzen elektronisch z. B. via Export aus einem Farmmanagementsystem oder dem Online-Portal der Agrarmarkt Austria benötigt. Um in QGIS eine Düngekarte zu erstellen, müssen spezielle Schritte getätigt werden. Darunter fällt z. B. das manuelle Zuschneiden von Feldgrenzen, die Berechnung der Vegetationsindizes oder die Konvertierung von Raster- und Vektorgrafiken. All diese Funktionen werden in der Python-API zur Verfügung gestellt. Somit wurden Funktionen wie „cliprasterbymasklayer“ oder „r.to.vect“ verwendet. Für die Berechnung der Vegetationsindizes mussten die Formeln bereitgestellt werden, um diese anschließend mit dem „QgsRasterCalculator“ [LA15] korrekt verwenden zu können.

3 Ergebnis und Nutzen der Karten

Die generierten Applikationskarten werden als Shapefiles (.shp) zur Verfügung gestellt und können unterschiedlich verwendet werden. Besitzt der Traktor ein ISOBUS-Terminal mit „Task Controller geo-based“ (TC-GEO) Funktionalität, kann beispielsweise eine Düngekarte geradewegs auf das Terminal, sofort einsatzbereit übertragen werden. Für den Fall, dass kein derartiges Terminal zur Verfügung steht, wird eine Android-Applikation für Smartphones und Tablets entwickelt. Dadurch werden dem Anwender sofort die Düngezone, in der sich der Traktor aktuell befindet, sowie die berechnete Ausbringungsmenge für diese Zone angezeigt. Neben dem internen GNSS des Tablets oder Smartphones ist es möglich, einen externen GNSS-Empfänger über Bluetooth mit dem mobilen Endgerät zu verbinden, dadurch wird die Genauigkeit der Applikation nochmals verbessert. Somit muss der Landwirt lediglich mit dem Traktor zu dem Feld navigieren, für welches im Vorhinein eine Düngekarte erstellt wurde. Wie in Abbildung 2 dargestellt, wird über das GNSS vom Smartphone die aktuelle Position ausgelesen und somit die Zone der erstellten Düngekarte ausgelesen und visuell hervorgehoben. Ebenfalls werden alle umliegenden Zonen mit geringerem Kontrast dargestellt. Zusätzlich zu dieser visuellen Darstellung wird der hinterlegte Düngewert dieser Zone auditiv über die Smartphone-Lautsprecher ausgegeben. Diese Ausgabe wiederholt sich bei jedem Einfahren in eine neue Zone. Um die Düngermenge korrekt auszubringen, muss die Fahrgeschwindigkeit des Traktors bei gleichbleibender Zapfwelldrehzahl oder die Schieberöffnung am Düngerstreuer entsprechend angepasst werden.

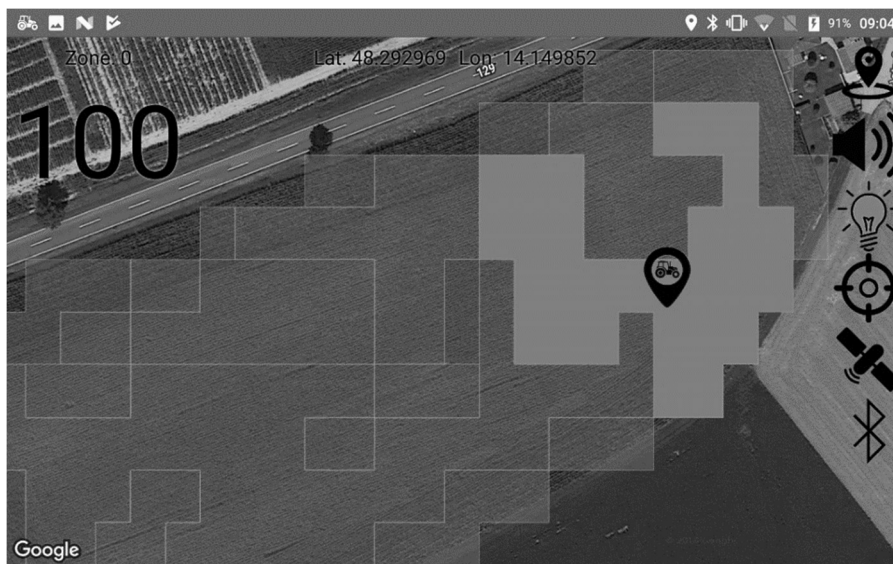


Abb. 2: Screenshot der Android Applikation mit geladener Düngekarte

4 Ausblick

Die nächsten Schritte werden sich mit Feldtests der Android-Applikation am Traktor befassen, um mögliche Schwächen frühzeitig zu erkennen. Ein sehr wichtiger Punkt dieser Feldtests ist die Teilnahme der Landwirte. Dies ermöglicht es, ein direktes Feedback zu erhalten. Dadurch wird sichergestellt, dass die Smartphone-Applikation oder das QGIS-Plug-In für die Landwirte wirklich verbessert wird. Auch das QGIS-Plug-In wird stetig erweitert, um neben dem NDVI auch andere Vegetationsindizes automatisch generieren zu können. Ebenfalls der automatisierte Satellitenbilder-Download muss in dem QGIS-Plug-In integriert werden.

Neben diesen Software-Anpassungen bzw. Erweiterungen müssen auch Schulungen mit den Versuchsbetrieben geplant werden. Auch die Schulungsunterlagen, die beim Einstieg in diese Thematik unterstützen sollen, müssen noch von Grund auf erstellt werden. Diese Dokumentation soll zusätzlich zu dem bisher üblichen Format auch auf dem Videoportal YouTube zur Verfügung gestellt werden.

Literaturverzeichnis

- [EA18] ESA, European Space Agency, <https://earth.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/level-2a/algorithm>, Stand: 30.10.2018.
- [La15] Lawhead, Joel, QGIS Python Programming Cookbook, Packt Publishing Ltd, Birmingham B3 2PB UK, 2015
- [Li14] Lilienthal, Holger, Optische Sensoren in der Landwirtschaft: Grundlagen und Konzepte. Journal für Kulturpflanzen 66(2) / 2014 S. 34-41, 2014.
- [UB18] UB, Umweltbundesamt, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/stickstoff#textpart-1>, Stand: 30.10.2018.
- [SE18] ESA, European Space Agency, <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/resolutions/spatial>, Stand: 02.11.2018.
- [QG18] QGIS, QGIS Entdecken, <https://www.qgis.org/de/site/about/index.html>, Stand: 31.10.2018.

Robotik in der Außenwirtschaft

Entwicklungskonzepte und tendenzielle Einflussmöglichkeiten auf die Prozesssteuerung durch den Landwirt

Franz Hillerbrand¹, Maximilian Treiber², Josef Bauerdick² und Heinz Bernhardt²

Abstract: In den letzten Jahrzehnten wurde einem Mangel an Arbeitskräften im primären Sektor mit einer Steigerung der Schlagkraft von Maschinen begegnet, was negative Umweltauswirkungen nach sich zog. Neue Automatisierungstechnologien bieten Chancen für eine nachhaltigere Wirtschaftsweise. Dabei entstehen, durch Kommunikations- und Datenverarbeitungstechnologien, Cyber-physische Systeme, die den Grundstein für die Nutzung von Robotern in der Landwirtschaft legen. Ein viel diskutierter Ansatz ist der Einsatz von Roboterschwärmen, in denen viele kleine Roboter autonom arbeiten und sich selbst organisieren. Dem Landwirt bleiben Aufgaben wie Planung, Überwachung und die Reaktion auf Notfälle. Diese Arbeit untersucht die Entwicklung der Marktsituation für Robotik-Lösungen in der Außenwirtschaft und geht dabei auf die Chancen und Risiken ein, die sich aus der Technologie für das Arbeitsumfeld des Landwirts ergeben. Außerdem wird beleuchtet, inwieweit sich das Bild von Roboterschwärmen aus Kleinstmaschinen in Zukunft verändern könnte und welchen Einfluss Dateninfrastruktursysteme dabei haben werden.

Keywords: Robotik, Außenwirtschaft, Landwirtschaft, Digitalisierung, Arbeitsplatzgestaltung, Prozesssteuerung

1 Einleitung

Der Trend zur Steigerung der Schlagkraft durch immer größere und schwerere Maschinen kommt durch produktionstechnische, regulatorische und umweltpolitische Rahmenbedingungen an Grenzen. Eine mögliche Lösung um der anhaltenden Arbeitsknappheit im Primären Sektor zu begegnen und die Schlagkraft weiter zu steigern, ist daher eine weitere Automatisierung in der Landtechnik. In diesem Prozess müssen Kommunikations- und Datenverwaltungssysteme in cyber-physischen Systemen mit bestehenden Automatisierungslösungen von Landmaschinen verknüpft werden. Cyber-physische Systeme werden bereits von verschiedensten Institutionen genutzt [He17]. In wachsendem Umfang ermöglichen sie die Steuerung, Regelung und Optimierung von landwirtschaftlichen Maschinen, Logistikketten, Qualitätssicherungs- und Managementsystemen. Damit schaffen sie die Grundlage für den Einsatz von Robotern in der Landwirtschaft, die bislang an den komplexen Umweltbedingungen

¹ Hofgut Schrittenlohe, Schrittenlohe 1, 85283 Wolnzach, franziskus.hillerbrand@tum.de

² TUM, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising, maximilian.treiber@wzw.tum.de, josef.bauerdick@wzw.tum.de, heinz.bernhardt@wzw.tum.de

landwirtschaftlicher Produktionssysteme scheiterten. Um die besagten Informationssysteme jedoch an landwirtschaftliche Robotik-Lösungen anzubinden, müssen vor allem in ländlichen Gegenden bessere Kommunikationsnetzwerke mit modernen Übertragungstechnologien ausgebaut werden [Fi18]. Pedersen et al. legten den Status quo von Feldrobotern bereits dar, was die Diskussion über die Potenziale selbst kommunizierender Maschinen eröffnet hat [PBF08]. In Zukunft werden Roboter die landwirtschaftliche Praxis in kleinen wie in großen Szenarien verändern [Mi15], zu Boden, wie auch in der Luft [SCL17]. Um das Potenzial von Robotern in der Landwirtschaft auszunutzen, können dabei nach bisherigem Kenntnisstand entweder konventionelle Landmaschinen vollständig automatisiert werden oder autonome Schwärme aus Kleinstrobotern zum Einsatz kommen.

2 Material und Methoden

Basierend auf einem Überblick über Firmen, die bereits heute Roboter für die Außenwirtschaft anbieten, wird eine ausführliche Literaturrecherche durchgeführt. Weitere Anwendungsfälle und Entwicklungen landwirtschaftlich nutzbarer Roboter werden für die Zukunft (mittel- und langfristig) identifiziert. Dabei kann kein Anspruch auf Vollständigkeit der erfassten Lösungen erhoben werden. Im Anschluss wird ein selbst entwickeltes Klassifizierungssystem für Landwirtschaftliche Robotik-Lösungen und -Teilsysteme angewendet. Die gefundenen Anwendungsfälle und Technologien werden in luftgetragene und erdgebundene Systeme eingeteilt. Im nächsten Schritt wird die Interaktion mit Telemetrie- und Datenmanagement-Systemen diskutiert. Anschließend wird der Einfluss der Anwendungsfälle auf externe Stakeholder und den Landwirt, durch die Interaktion über die genannten Systeme, evaluiert. Abschließend werden die Ergebnisse im Hinblick auf den Einfluss des Technologiewandels auf das Arbeitsumfeld des Landwirts diskutiert und ermittelt, welche Möglichkeiten sich daraus in der Zukunft ergeben könnten. Außerdem wird beleuchtet, inwieweit sich das Bild von Roboterschwärmen aus Kleinstmaschinen in Zukunft verändern könnte und welchen Einfluss Dateninfrastruktursysteme dabei haben werden.

3 Ergebnisse und Diskussion

Im Laufe der Recherche wurden 228 Unternehmen und die dazugehörigen Angebote im Bereich landwirtschaftlich nutzbarer Robotik erfasst. Von diesen Unternehmen bieten heute bereits 49 Roboter an. Im Gegensatz dazu gibt es mit 137 Unternehmen beinahe dreimal so viele, die sehr wahrscheinlich mittelfristig entsprechende Lösungen auf den Markt bringen werden. Die Tatsache, dass 42 Unternehmen bereits ihre langfristige geplanten Robotik-Lösungen kommunizieren, spricht für einen anhaltenden Trend. Die weitere Kategorisierung der gefundenen Robotik-Konzepte ist in Abbildung 1 zu sehen.

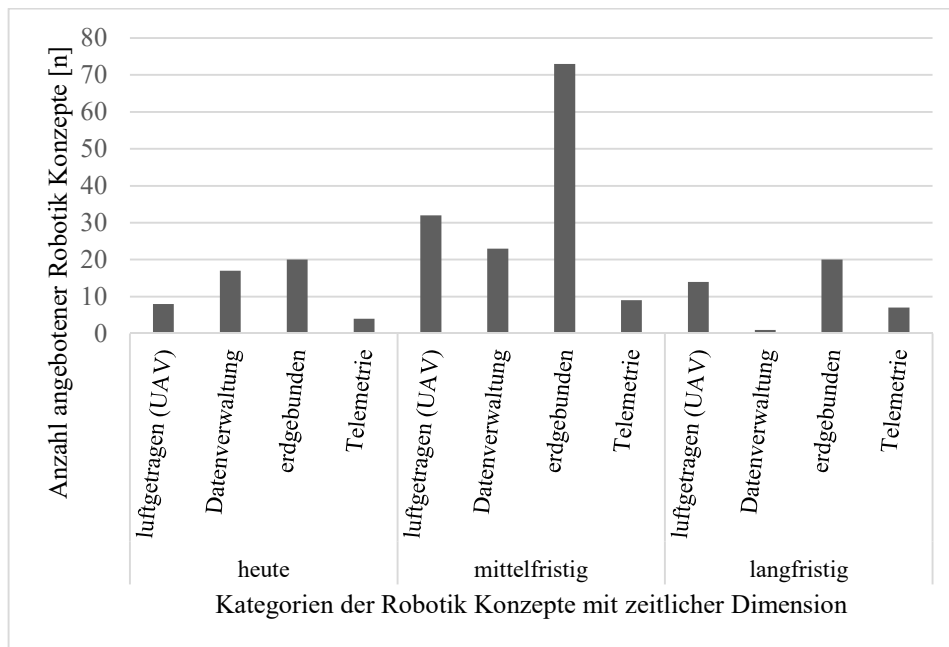


Abb.1: Verfügbarkeit von Robotik-Lösungen am Markt in Kategorien

Insgesamt spielen die erdgebundenen Roboter die wichtigste Rolle. Luftgetragene Roboter (unmanned aerial vehicles – UAV) für die Fernerkundung, Überwachung oder Präzisionsarbeiten wie den Pflanzenschutz oder die Düngung in Steillagen oder auf Sonderkulturen (z. B. Weinbau), sind ausgereift und verfügbar und werden auch mittelfristig vermehrt angeboten werden. In den beiden letzten Kategorien, den Datenmanagementsystemen und Telemetrielösungen, müssen die vorliegenden Ergebnisse vorsichtig interpretiert werden, da die Grenzen zwischen diesen Kategorien mitunter fließend sind. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass diese beiden Kategorien in einer gemeinsamen Kategorie bewertet und diskutiert werden sollten, da sie häufig die gemeinsame Grundlage dafür bilden, dass ein angebotenes Robotik-System erfolgreich in der Landwirtschaft eingesetzt werden kann. Allgemein ist aus Abbildung 2 ersichtlich, dass die Robotik in der Außenwirtschaft mittelfristig eine starke Steigerung des Angebots erfahren wird. Erdgebundene Roboter, der Einsatz von Drohnen sowie die Nutzung von Telemetrie und Datenmanagementsystemen zur effizienten Nutzung dieser Hardware, werden in den nächsten Jahren weiter verbreitet sein. Die starke Kommunikation der Unternehmen bezüglich ihrer Konzeptstudien spricht hierbei für einen anhaltenden Trend. Für die Landwirte bedeutet das, dass sie mit der Anwesenheit dieser Technologien in ihrem täglichen Arbeitsumfeld rechnen können. Bei Betrachtung der eigenständigen erdgebundenen Roboter für die Außenwirtschaft, die bereits auf dem Markt sind, können aus der vorhandenen Analyse acht verschiedene Ansätze identifiziert werden. Diese sind in Abbildung 2 zu sehen. Berücksichtigt wurden erdgebundene Roboter, die mindestens

als Prototypen verfügbar sind oder konzeptionell für den Feldeinsatz getestet werden.

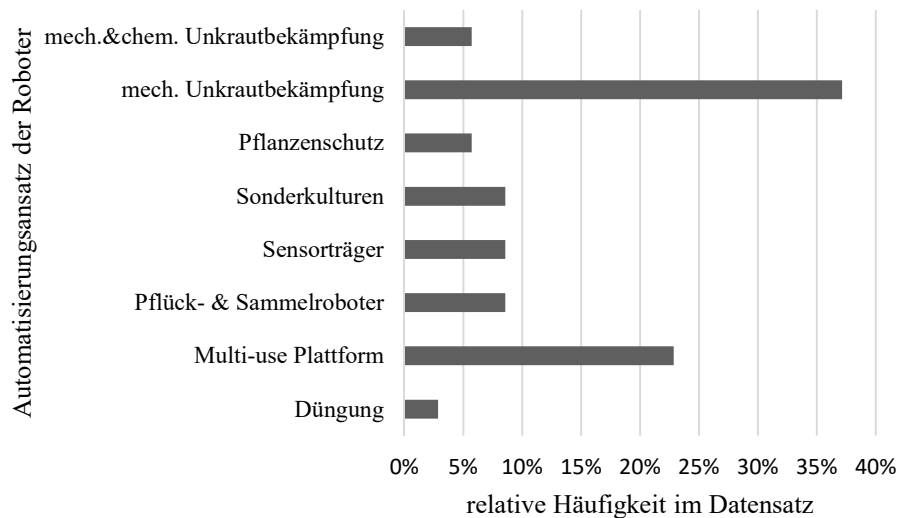


Abb. 2: Automatisierungsansätze bereits verfügbarer erdgebundener Roboter für die Außenwirtschaft

Unter diesen ist der verbreitetste Ansatz die mechanische Unkrautbekämpfung, gefolgt von Multi-use Plattformen, die verschiedene Anbaugeräte aufnehmen können. In der Häufigkeit nachfolgend sind Sensorplattformen und Ernteroboter in Form von automatischen Pflückwerkzeugen, die ebenfalls stark auf Sensorik und Bildauswertung vertrauen. Abschließend sind Roboter für den chemischen Pflanzenschutz oder Kombinationen aus chemischem und mechanischem Pflanzenschutz in einem Gerät zu nennen. Außerdem existieren alleinstehende Lösungen für Sonderkulturen wie z. B. die Spargelernte oder die Pflege von Hopfengärten. Diese Roboter unterscheiden sich durch ihre spezialisierte Anwendung stark von den vorhergehend genannten Konzepten. Eine wichtige Beobachtung aus dem Datensatz ist, dass die meisten der Roboter klein und leicht sind, womit sie dem gesellschaftlich verbreiteten Bild kleiner Schwarmroboter entsprechen. Andere, wie einige Spritzroboter und vor allem die Trägerplattformen für Anbaugeräte, sind größer und haben ein höheres Gewicht. Ausgehend davon, dass ein Anbausystem üblicherweise aus vielen verschiedenen Maschinen für die verschiedenen anfallenden Arbeiten besteht, wird ein einziger Roboter kaum in der Lage sein, das gesamte Anbausystem zu automatisieren. Daher ist es sehr wahrscheinlich, dass auf den Betrieben der Zukunft verschiedene Roboter für unterschiedliche Aufgaben eingesetzt werden, wobei sie alle untereinander kommunizieren und zusammenarbeiten müssen. Dafür sind im Gegenzug die Telemetrie und Datenverwaltungssysteme wichtig, die als Entscheidungsunterstützende Einheiten den Landwirt beim Management dieser komplexen Roboterflotten unterstützen.

Die kleineren Roboter eignen sich generell besser für Arbeiten wie Unkrautbekämpfung, Saat, Fernerkundung oder chemischen Pflanzenschutz. Einige von ihnen werden einen erheblichen Einfluss auf das Arbeitsumfeld der Landwirte haben, da sie zu einem gewissen Grad menschliche Arbeitskraft ersetzen können. Das gilt besonders für Aufgaben wie das Pflücken von Früchten oder die Ernte von Sonderkulturen, die in der Vergangenheit viele Arbeiter benötigten [Ca14]. Aufgaben wie die Bodenbearbeitung dagegen benötigen die größeren und kräftigeren Trägerplattformen für Anbaugeräte. In Zukunft werden voraussichtlich die kleinen Roboter mit mittelgroßen Maschinen gemeinschaftlich in einem Anbausystem eingesetzt werden. Aus Sicht des Landwirts müssen solche Roboterschwärme aus verschiedenen Maschinen reibungslos zusammenarbeiten und kommunizieren. Deshalb sind die Weiterentwicklung von Farm Management Information Systems und neue Ansätze für die Maschinenkommunikation (machine-to-machine und human-to-machine) von großer Wichtigkeit. Aus Sicherheitsgründen sollte dabei der Landwirt stets die Möglichkeit behalten, im Notfall die direkte Kontrolle über eine Maschine übernehmen zu können [Gr17].

Der kombinierte Einsatz kleiner und größerer autonomer Landmaschinen wird dazu beitragen, den Nutzen der Robotik in der Landwirtschaft zu maximieren. Vorteile, die durch die Roboter erzielt werden können, sind eine höhere Qualität der Arbeitserledigung, die Minderung von Schadverdichtungen, die Entlastung der Fahrer, die Vermeidung von Unfällen und eine bessere Auslastung der Maschinenkapazitäten [Ed16]. Sie stehen den Risiken der Technologie wie z. B. Verlust an Entscheidungsfreiheit beim Landwirt, Polarisierung der Arbeit, einer höheren Komplexität der zu verrichtenden Arbeiten und erhöhtem Stress durch dauerhafte Anforderung nach Verfügbarkeit beim Landwirt, entgegen [Ze18]. Der Transfer von branchenfremden Technologielösungen in der Robotik bringt jedoch auch große Möglichkeiten mit sich. Gut ausgebildete, junge Fachkräfte können wieder von Unternehmen der Agrarbranche angezogen werden. Dabei können neue Arbeitsplätze im ländlichen Raum geschaffen werden, die dabei helfen, strukturschwache Regionen zu stärken und die negativen Effekte der Urbanisierung zu mindern [Du18].

4 Schlussfolgerungen

Roboter steigern die Effizienz der Pflanzenproduktion und helfen die negativen Umweltauswirkungen größerer Landmaschinen zu mindern. Am weitesten verbreitet sind Roboter für den mechanischen Pflanzenschutz und multifunktionale Trägerplattformen für Anbaugeräte. Mittelfristig kann eine große Steigerung des Angebots und der Marktdurchdringung angenommen werden. Kombinierte Roboterschwärme aus kleinen, leichten Robotern und mittelgroßen, autonomen Landmaschinen begünstigen die Skalierbarkeit der Robotik auf verschiedenste Pflanzenbausysteme. Für die Verwaltung solcher Schwärme müssen, parallel zur Entwicklung der Roboter, weiterhin leistungsfähige Telemetrielösungen und Datenmanagementsysteme geschaffen werden. Die sozioökonomischen Risiken von Robotern in der Außenwirtschaft bleiben ungewiss

und stellen das Bestehen des Berufs des Landwirts nach bisheriger Definition in Frage. Seine Erfahrungen und berufliche Expertise werden in Zukunft von digitalen Systemen in Frage gestellt. Daher werden sowohl die Anforderungen an Aus- und Weiterbildung steigen als auch die Bereitschaftszeiten zur Überwachung autonomer Systeme. Im Gegenzug dazu können Roboter die Qualität der Arbeitsverrichtung steigern, Stress aus monotonen Arbeiten und physische Belastungen mindern sowie die Exposition in Gefahrensituationen verringern. Eine große Chance für die Zukunft ist die Schaffung neuer, gut bezahlter Arbeitsplätze für hochqualifizierte Experten in strukturschwachen, ländlichen Regionen.

Literaturverzeichnis

- [He17] Herlitzius, T.: Automation and Robotics – The Trend Towards Cyber Physical Systems in Agriculture Business. AVL List GmbH, TU Dresden, Dresden, 2017.
- [Fi18] Fitzek, F.: Echtzeitfähige Funkvernetzung für hochautomatisierte Arbeitsmaschinen und -prozesse in der Landwirtschaft. Landtechnik der Zukunft. TU Dresden, 2018.
- [PBF08] Pedersen, S., Blackmore, B., Fountas, S.: Agricultural Robots – Applications and Economic Perspectives. Service Robot Applications, 2008.
- [Mi15] Minßen, T.-F.: Mit autonomen Landmaschinen zu neuen Pflanzenbausystemen. Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge. Braunschweig, 2015.
- [SCL17] Scherer, M., Chung, J., Lo, J.: Commercial Drone Adoption in Agribusiness – Disruption and Opportunity. Ipsos Business Consulting, Beijing, 2017.
- [CA14] Calderone, L.: Robotic Farming For The Future. Industrial Robotics, 2014.
- [Gr17] Griepentrog, H.: Der Landwirt bleibt unverzichtbar. Agrarzeitung, 45/13, 2017.
- [Ed16] Eder, J.: Die Traktorroboter kommen. Traction 16/3, 2016.
- [Ze18] Zecha, C.: XAVER – Roboterschwarm für das Feld. Landtechnik der Zukunft. TU Dresden, 2018.
- [Du18] Duckett, T., Pearson, S., Blackmore, S., Grieve, B.: Agricultural Robotics. The Future of Robotic Agriculture. UK-RAS Network, 2018.

Marketing strategies of the German farm management information systems startups that reached critical mass

Anna Iversen¹

Abstract: What kind of marketing strategies can lead to achievement of the critical mass on the agricultural market in Germany? To answer this question, all currently existing farm management startups in Germany were selected and the ones with critical mass were identified. Their marketing strategies were qualitatively analyzed and triangulated with the marketing strategies of online marketplaces.

Keywords: critical mass, farm management, startups, Germany, marketplaces

1 Objective and method

Farm management information systems (FMIS), according to the Gartner Hype Cycle, are the next technology that will conquer the agricultural market. The current challenge, though, is the adoption pace of FMIS, which is not as quick as it was expected. According to the EU expert group composed of 19 experts that range from farmers to scientists, the main obstacles to the adoption process of precision farming are a lack of economic benefits, high investment costs, complexity of new technologies, and a lack of open standards for the integration of different solutions [EA15]. So, how did some startups manage to achieve critical mass on such a complicated market? To answer this question, a qualitative investigation was conducted. For the purpose of this research, the FMIS will be defined as “a planned system of the collecting, processing, storing and disseminating of data in the form of information needed to carry out the operations functions of the farm.” [SA10]. To collect data about the marketing strategies of the FMIS startups, a telephone interview was conducted; this was based on a structured questionnaire. The questionnaire was developed based on the 7 hypotheses that were developed from previous qualitative research, theories about innovation adoption, and the experts’ opinions. To select the startups with promising marketing strategies, critical mass was defined in accordance with the theory about the diffusion of innovation as a share of the market that is between 10 % and 20 % [Ro83]. To calculate the share of the market, not only the number of the customers but also the customers’ turnover share shall be considered. To verify the strategies of the startups that have achieved critical mass, a data triangulation method will be used. This method encourages a look “at the same phenomena, or research question, from more than one source of data” [De99]. For the triangulation, extant German online marketplaces for farmers that achieved critical mass were selected. The online agricultural marketplace was selected as a technology for comparison. This is because it

¹ Hochschule Hannover, Wirtschaftsinformatik, Bismarckstr. 2, 30173 Hannover, anna.iversen@hs-hannover.de

has been around for almost as long as farm management. The first online farm management software appeared approximately 15 years ago [Ka12]. First online marketplaces for farmers appeared in the early 2000s [FDM18]. Several studies show that farmers faced similar challenges whilst using the FMIS and marketplace: lack of trust, lack of the education / training, lack of understanding of technological advantages [R06; FDM18]. The difference between online farm management and the marketplace is that farm management as a technology has a longer diffusion cycle. According to [FDM18], approximately 80 % of the farmers in Germany purchase online. As opposed to the FMIS, where, according to the [RK16] report, only 12 % out of 521 participating agricultural enterprises use modern farm management platforms. To find farm management startups with critical mass, firstly, all farm management startups in Germany were selected that 1) have an online presence (in form of a website with information about their solution), 2) and are not older than 5 years and 3) are not a corporate startup or startup with exit. To find farm management startups, several sources were used: f6s.com, start-green.net, dlG-Feldtage, FachGruppe AgTech; web searches that contained the keywords “farm management startups” and “German agricultural startups”; German online magazines like “deutschestartups” and “gründerszene” as well as previously obtained contacts during the Agritechnika fair and the GIL-conferences. The total number of the farm management startups found was ten; seven agreed to take part in the research. In the table presented below, key information about the startups can be found.

Founded	Type of FMIS	Status of FMIS	Target group of FMIS
2015	plant’s disease analysis	on the market	hobby gardeners and small horticulture farmers
2014	smart cow feeding	on the market	cow and pig farms (all sizes)
2013	satellite data for soil analysis	on the market	developers of agricultural software
2015	field monitoring	on the market	crop farms (all sizes)
2016	soil analysis	test phase	crop farms (all sizes)
2016	online cooperation tool with vets	on the market	small and medium-sized animal farms
2016	cow monitoring	test phase	cow farms (all sizes)

Tab. 1: FMIS startups in Germany

To find companies that are suitable for data triangulation, a list of companies which was presented in the marketplace's study was used. [CI05]. This list was enhanced by the inclusion of newer companies (after 2005) that were found during the web search with the following key words "Marktplatz", "Landwirte", "Online", "Kaufen", "Landmaschine", and "Pflanzenschutzmittel". In total, 18 online marketplaces in Germany were found. Some of the marketplaces were part of one big corporation, such as landimmo, tec24, landjobs; all of these are part of the Raiffeisen company. To obtain the necessary data regarding agricultural marketplaces, a telephone interview was used as a method. Nine online marketplaces represented by 6 companies participated in the interview.

2 Hypothesis

To investigate the types of strategies that startups with critical mass follow, a number of hypotheses were selected based on the theory of innovation diffusion/technology adoption, qualitative in-depth interview findings [GCT17] and the suggestions of the [EA15].

H1: Startups that have achieved critical mass provide feasible advantages for farmers.

Perceived usefulness was one of the main factors influencing precision farming acceptance [Pi13].

H2: Startups that have achieved critical mass offer access to a free trial version.

An opportunity to see how technology works without financial commitment reduces the uncertainty regarding benefits and risks [RS10].

H3: Startups that have achieved critical mass offer their technology to large farms.

According to several studies in Germany [Re09; PT17], the early adopters on the market tend to be larger farms with 250 ha and more.

H4: Startups that have achieved critical mass use cooperation for educational and distributional purposes, with agricultural stakeholders as scalable interpersonal communication.

The cooperation component was discovered during the in-depth interviews [GCT17]. Cooperation should help scale interpersonal communication, which is one of the most important informational sources about innovations for farmers.

H5: Startups that have achieved critical mass are integrated into either existing platforms or they expand their own solutions.

Compatibility with the existing work process and software, something already used by farmers, is an important factor that was suggested by the experts and that is also present in the theory [Ro83].

H6: Startups that have achieved critical mass actively spread information about their solutions through mass media.

According to [MMB90], the first adoption takes place due to the mass media and later mainly through word-of-mouth.

H7: Startups that have achieved critical mass developed their product along with farmers to make utilizing the solution easier.

The experts of the [EA15] group underlined that for spreading precision farming, solutions should be focused on real farmers' needs and should be understandable and easy to use.

3 Marketing strategies of the agricultural companies with critical mass

To calculate the market share of each interviewed startup, the statistical data regarding the number of agricultural enterprises and their standard output (SO) were analyzed. According to the new EU guidelines to small companies, all farms that have SO < 50,000 EUR/per year and less than one employee count. In other cases, the farming activities count as main source of income and as medium or large companies. Since there is no additional definition separating medium and large companies, for the purpose of this research, large companies will count as those with $SO \geq 1,000,000$ EUR. The basis for the German market calculation was the statistical data from 2016, provided by the German statistical agency. According to this data, there are 275,392 companies that are involved in agriculture. 113,507 produce different types of crop, vegetables and horticulture. Among crop farms, there are 53,293 small and 3,108 large farms. 161,885 farms are involved in the dairy and meat production business. 145,892 are dairy and meat farms and 15,993 are pig and poultry farms. According to the data of the non-governmental organization "kleingarten-bund", there are 910,000 hobby gardeners.

According to the data provided by the startups, only two of them have achieved critical mass. However, it is important to mention that two of the interviewed startups are still in the test-phase and only planning a marketing strategy. One startup does not directly address farmers but sells their solution to the companies that develop agricultural software. In Germany, this startup works with one small software company. One startup with critical mass combined two strategies: the first one consisted of direct marketing to customers via mass media; the second one occurred through integration offered in form of cooperation to several big corporations in Germany, which produce plant protection products. Through mass media, the startup could win approximately 11 % of the German market. Additional growth comes through chemical companies that together own more than 30 % of the target market. Due to the privacy agreement with the co-founder, the names of the chemical companies could not be published. The other startup has a market penetration rate of

approximately 21 % due to the SO and 2 % due to the total number of crop farms. Thanks to the early adopters that were large farms, the startup could achieve critical mass.

In the telephone interview for the data triangulation, three startup marketplaces took part: one big corporation that owns several marketplaces and four medium-sized companies. All these companies wished to stay anonymous. Among the new marketplaces, there is no company that has achieved critical mass on the market. The marketplaces with critical mass followed mainly two strategies for market penetration: 1) through corporate partners; 2) cold acquisition. Two out of three marketplaces with critical mass were founded by corporations that, at the time, had already been on the agricultural market in Germany for a while. To gain their first customers, the corporations used their already existing channels. In the table below, a comparative analysis of the marketing strategies of farm management startups and marketplaces with critical mass is presented.

Hypothesis	Marketing strategy	Farm management startups with critical mass			Marketplaces with critical mass		
		Results of the interviews					
H1	Feasible advantages	x	x	x	x	x	
H2	Trail version	x	x				
H3	Early adopters large farms		x	x			
H4a	Educational cooperation	x					
H4b	Distributional cooperation	x		x	x	x	
H5	API	x	x	x	x	x	
H6	Mass media	x	x	x	x	x	
H7	Joint development	x	x	x	x	x	

Tab. 2: Marketing strategies of the FMIS startups and marketplaces

Literaturverzeichnis

- [Cl05] Clasen, M: Erfolgsfaktoren digitaler Marktplätze in der Agrar- und Ernährungsindustrie. Deutscher Universitätsverlag, 2005.
- [De99] Decorp, A: Triangulation in qualitative tourism research. *Tourism Management* 20, p.158, 1999.
- [EA15] EIP-AGRI Focus Group Precision Farming, Final report November 2015, https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/eip-agri_focus_group_on_precision_farming_final_report_2015.pdf, as of 02.12.2018
- [FDM18] Fecke, W., Danne, M., Mußoff, O: E-commerce in agriculture – The case of crop protection product purchases in a discrete choice experiment, Discussion Papers, 2018.
- [GCT17] Gubanova, A., Clasen, M., Thevsen, L: How do digital startups achieve critical mass? A qualitative analysis, Lecture Notes in Informatics (LNI), Proc. Vol 268, Bonn, p. 61-64, 2017
- [Ka12] Kaloxylos A., Eigenmann, R., Teye, F., Politopoulou, Z., Wolfert, S., Shrank, C., Dillinger, M., Lampropoulou, I., Antoniou, E., Pesonen, L., Huether, N., Floerching, T., Alonistioti, N., Kormentzas, G: Farm Management systems and the Future Internet era, *Computer and Electronics in Agriculture* 89, p. 130-144, 2012.
- [MMB90] Mahajan, V., Muller, E., Bass, F.M: New Product Diffusion Models in Marketing: A Review and Directions for Research. *The Journal of Marketing*, 54/1, p.1-26, 1990.
- [Pi13] Pierpaoli, E., Carli, G., Pignatti, E., Canavari, M: Drivers of Precision Agriculture Technologies Adoption: A Literature Review, *Procedia Technology* 8, p.61-69, 2013.
- [PT17] Paustian, M., Thevsen, L: Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers. *Precision Agriculture* 18/5, p. 701-716, 2017.
- [Re09] Reichardt, M., Jürgens, C., Klöble, U., Hüter, J., Moser, K: Dissemination of precision farming in Germany: acceptance, adoption, obstacles, knowledge transfer and training activities, *Precision Agric* 10, p. 525-545, 2009.
- [RK16] Rohleder, B., Krüsken, B: Digitalisierung in der Landwirtschaft, bitkom, Berlin, 2016.
- [Ro83] Rogers, E.M: Diffusion of Innovations. Third Edition. The Free Press, New York, 1983.
- [RS10] Rezaei-Moghaddam, K., Salehi, S: Agricultural specialists' intention toward precision agriculture technologies: Integrating innovation characteristics to technology acceptance model, *African Journal of Agricultural Research* 5/11, p. 1191-1199, 2010.
- [SA10] Salami, P.; Ahmadi, H.: Review of Farm Management Information Systems (FMIS), *New York Science Journal* 3/5, p. 87-95, 2010.

Das „agriProKnow“-Projekt

Prozessbezogenes Informationsmanagement in Precision Dairy Farming

Michael Iwersen¹, Laura Lidauer², Alexandra Berger², Wolfgang Auer², Dana Kathrin Tomic², Michael Schrefl³, Dmitry Efrosinin⁴, Valentin Sturm⁴, Erika Gusterer¹, Marc Drillich¹ und Martin Wischenbart⁵

Abstract: Der zunehmende Einsatz von Präzisionstechnik in der Milchviehhaltung (z.B. Roboter-, Sensor-, Trackingsysteme) beinhaltet zahlreiche Herausforderung hinsichtlich der Integration und Analyse der erfassten Daten. Mit der im „agriProKnow“-Projekt entwickelten Decision-Support-Plattform ist es möglich, die zuvor geschilderten Hindernisse weitestgehend zu überwinden und LandwirtInnen und anderen Stakeholdern einen zusätzlichen operativen Nutzen zu bieten. In der Plattform werden Daten aus unterschiedlichen Quellen verschiedener Betriebe gesammelt, integriert und ausgewertet. Die Umsetzung und Evaluierung dieses Prototyps erfolgte in zwei strukturell unterschiedlichen Milchviehbetrieben mit 80 bzw. 2700 Kühen. Am Beispiel der bovinen Ketose werden die gewonnenen Daten derzeit zur Entwicklung eines Algorithmus genutzt, der eine Schätzung von Risikofaktoren und das Einleiten prophylaktischer Maßnahmen zur Verhinderung der Erkrankung ermöglichen soll.

Keywords: precision dairy farming, semantic data warehouse, data mining, ketosis

1 Einleitung

In der Milchviehhaltung lässt sich ein zunehmender Technikeinsatz beobachten. Heutzutage kommen neben der klassischen Melk- und Fütterungstechnik zahlreiche Sensoren zum Einsatz, die z. B. zur Brunsterkennung oder zur Regelung des Stallklimas genutzt werden [Ru13]. Im Vordergrund des Technikeinsatzes stehen die Gesundheitsüberwachung der Tiere, Qualitätssicherung der Produkte sowie eine Steigerung von Arbeitseffizienz und Ressourcenoptimierung sowie eine Reduktion der Umweltbelastung [Ea12]. Aufgrund der hohen Datenmengen, die oftmals in verschiedenen Formaten vorliegen, bleibt das Potenzial dieser Daten als Grundlage zur Überwachung sowie für Analysen und einer daraus resultierenden Automatisierung bisher weitestgehend ungenutzt. Um neue datenbasierte Prozesssteuerungsansätze als

¹ Vetmeduni Vienna, Universitätsklinik für Wiederkäuer, Abteilung Bestandsbetreuung, Veterinärplatz 1, A-1210 Wien, Michael.Iwersen@vetmeduni.ac.at

² Smartbow GmbH, Jutogasse 3, A-4675 Weibern, office@smartbow.com

³ JKU Linz, Institut für Wirtschaftsinformatik – Data Knowledge Engineering, Altenbergerstraße 69, A-4040 Linz, Schrefl@dke.uni-linz.ac.at

⁴ JKU Linz, Institut für Stochastik, Altenbergerstraße 69, A-4040 Linz, Valentin.Sturm@lcm.at

⁵ Josephinum Research, Rottenhauser Straße 1, 3250 Wieselburg, Martin.Wischenbart@josephinum.at

Grundlage für Betriebs- und Herdenmanagement-Entscheidungen zu realisieren, müssen unter anderem folgende Herausforderungen bewältigt werden:

(I) Der innerbetriebliche maschinelle Datenaustausch und die Integration von Daten sind bisher nicht vollständig gelöst. Die mangelnde Interoperabilität und fehlende Schnittstellen erschweren den Zugriff auf Daten zahlreicher Geräte und erfordern häufig eine redundante Dateneingabe. Für diese Herausforderung gibt es bereits erste Lösungsansätze, die auf die prozessbezogene Nutzung von Daten im Rahmen des bestehenden Prozesswissens abzielt [To15]. (II) Obwohl eine Vielzahl von Produktionsparametern bereits erfasst wird, ist das Wissen über deren gegenseitige Beeinflussung und die Auswirkung auf Leistung und Tiergesundheit oftmals unbekannt. Eine zentrale Datenerfassung und -speicherung verschiedener (Sensor-)Technologien ermöglicht eine integrierte Datenanalyse und kann zu einem Erkenntnisgewinn beitragen. (III) Die Datennutzung durch landwirtschaftliche Betriebe beziehungsweise der Zugang zu Daten sowie die Datenanalyse von einer Vielzahl von Betrieben ist problematisch. Derzeit fehlt ein Konzept, das es den LandwirtInnen ermöglicht, einen selektiven Zugriff auf Betriebsdaten für verschiedene Interessengruppen (z. B. VeterinärmedizinerInnen, BeraterInnen und ForscherInnen) zuzulassen.

Das Ziel des interdisziplinären Forschungsprojektes agriProKnow war es, die oftmals komplex und heterogen vorliegenden Daten eines landwirtschaftlichen Betriebes zusammenzuführen, um daraus (Risiko-)Faktoren identifizieren zu können, die sich sowohl für ein innerbetriebliches Herdenmanagement als auch für die überbetriebliche Beratung nutzen lassen. Als Anwendungsbeispiel wurde die Ketose bei Milchkühen gewählt. Das Auftreten der Ketose bei Milchkühen ist ein weltweites Problem. Als Hauptrisikofaktoren für das Auftreten der Erkrankung werden die Anzahl der Laktationen der Tiere, das Fütterungsmanagement, frühere Erkrankungen und die Körperkondition genannt [Gr90] [Du00] [In06]. Die Überwachung dieser Faktoren sowie die Identifizierung zusätzlicher Risikofaktoren für das Auftreten der bovinen Ketose ist Teil des Projekts. Das Monitoring von Risikofaktoren erlaubt vorbeugende Maßnahmen zu ergreifen, die teilweise automatisiert werden können. Hierzu zählt beispielsweise ein häufigeres Vorlegen und Heranschieben von Futter, das zur Krankheitsvermeidung beitragen kann. Ziel ist es, die Tiergesundheit und das Tierwohl, aber auch die Produktion zu verbessern bzw. auf hohem Niveau zu erhalten.

2 Material und Methoden

Insgesamt wurden für das Kooperationsprojekt 500 Milchkühe aus zwei strukturell unterschiedlichen Milchviehbetrieben in die Studie aufgenommen. Als Versuchsbetriebe dienten das Lehr- und Forschungsgut der Veterinärmedizinischen Universität Wien (80 Fleckvieh-Kühe) und ein kommerzieller Betrieb in der Slowakei (2700 Holstein-Friesian-Kühe). Die Tiere wurden zur Überwachung der Aktivität, des Wiederkäuens und der Lokalisation im Stall mit der sensorbestückten Ohrmarke SMARTBOW

(Smartbow GmbH, Weibern, Österreich) ausgestattet. Der Gesundheitsstatus der Tiere wurde vom Zeitpunkt des Trockenstellens (ca. 40 Tage vor der Kalbung) bis 70 Tage nach der Kalbung engmaschig überwacht. Dazu zählten unter anderem die Erhebung von Daten zum Energiestoffwechsel, insbesondere die Erfassung der Blutkonzentrationen von freien Fettsäuren (NEFA) eine Woche vor dem errechneten Kalbetermin und β -Hydroxybutyrat (BHB) am 3., 5. und 8. Tag nach der Kalbung. Diese Parameter sind speziell zur Erkennung der bovinen Ketose geeignet. Für die BHB-Messung wurde ein elektronisches Schnelltestgerät verwendet, das, vergleichbar mit der Blutzuckermessung am Menschen, direkt am Patienten eingesetzt werden kann. Des Weiteren wurden Rektaltemperatur, Pansenfüllung, Pansenaktivität und Kotkonsistenz täglich innerhalb der ersten acht Tage nach der Kalbung erhoben. Zu ausgewählten Zeitpunkten erfolgte darüber hinaus die Beurteilung der Körperkondition anhand der Rückenfettdickenmessung und mittels Body-Condition-Scoring (BCS). Zur Erfassung von Luftfeuchtigkeit und Temperatur im Stall wurden Klimadatenlogger (TinyTag 2 Plus, Gemini Data Loggers Ltd, Chichester, West Sussex, Vereinigtes Königreich) installiert. Zusätzlich wurden Daten zur Rationszusammensetzung, Futteraufnahme und Milchleistung erhoben. Die Architektur der im agriProKnow-Projekt verwendeten Plattform ist in Abbildung 1 dargestellt.

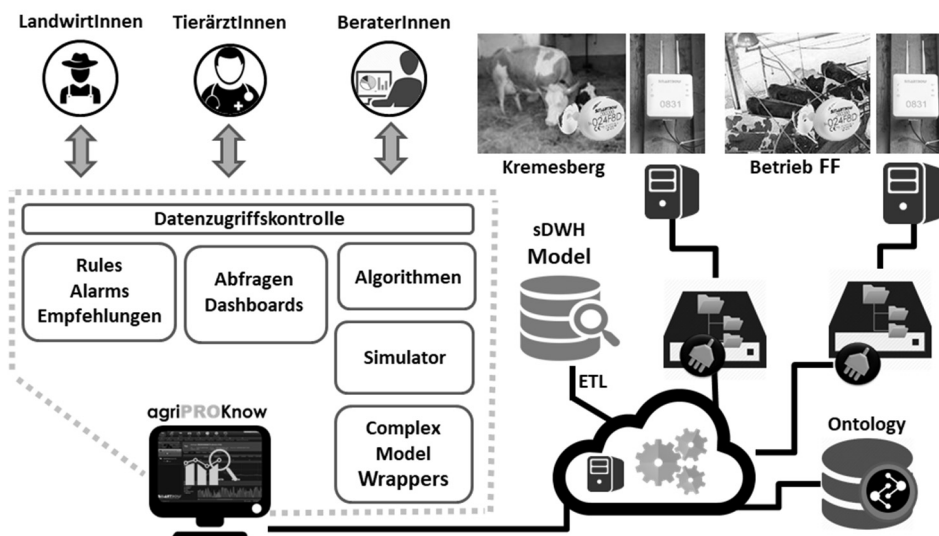


Abb. 1: Architektur-Übersicht der agriProKnow-Plattform (©Smartbow GmbH, Weibern)

In den Studienbetrieben wurde jeweils ein lokaler Farm-Computer („Repository“) für die Sammlung von Daten der Melktechnik, der Fütterungssysteme, der Herdenmanagementsoftware, der Klimadatenlogger sowie des SMARTBOW-Systems installiert. „Plug-Ins“ übernehmen dabei die Sammlung und Speicherung der Daten aus

den jeweiligen Systemen. Zudem wurden Plug-Ins für Abfragen weiterer externer Quellen (z. B. von Zucht- und Kontrollverbänden) entwickelt. Diese Plug-Ins liefern Daten über semantische Web-Services mit klar definierten Schnittstellen an den Farm-Computer. Lokale Komponenten auf dem Farm-Computer und ein Back-End-Server in der Cloud bilden schließlich die Plattform zur Interpretation und Transformation der Daten in RDF, einem standardisierten Format für semantische Beschreibungen. Methoden zur Datenbeschaffung bilden neben statistischen, stochastischen und semantischen Datenanalysen den Kern der Methodik. Zur Realisierung wurden unter anderem Informationsmanagement-Methoden für große Datenmengen, Data-Mining-Algorithmen, semantische Modellierung, Data Warehouse Technologien, regelbasiertes Reasoning, semantische Web-Services und Ontologie-basiertes Schnittstellendesign verwendet.

3 Ergebnisse

Eine bereits existierende Ontologie [To15] wurde zur Annotation der betrieblichen Daten erweitert. Die Definitionen wurden hinsichtlich der Interoperabilität und Erleichterung der Datenintegration mit Querverweisen auf etablierte Vokabulare und Ontologie versehen und zusätzlich mit Referenzen auf Fachliteratur ergänzt. Diese semantischen Beschreibungen von Maßzahlen und Begriffen erleichtert deren automatisierte Verarbeitung und ermöglicht die Verwendung zur Erklärung von vordefinierten Abfragen oder zur Spezifikation von Analyse- und Steuerregeln. Um die Verwendung von Begriffen für EndbenutzerInnen weiter zu vereinfachen, wurden auf Basis dieser Definitionen wiederverwendbare Prädikate spezifiziert. Zusätzlich konnten unter Verwendung mathematischer und statistischer Operatoren abgeleitete Maßzahlen definiert werden, um diese direkt im Data Warehouse zu berechnen und in Abfragen zu verwenden. Basierend auf der OWLIM-Technologie auf dem Back-End-Server wird die Ontologie in einem semantischen Repository verwaltet. Die gesammelten RDF transformierten Daten werden von dort weiter über eine REST-Schnittstelle, gemäß einer eigens definierten Daten-Ladeansicht des ETL-Prozess (Extract, Transform, Load), an das semantische Data Warehouse geschickt, welches den zentralen Bestandteil bildet. Für die Umsetzung des umfangreichen und erweiterbaren multidimensionalen Datenmodells im semantischen Data Warehouse wird zwischen der bereits genannten Ladeansicht und der Analysenansicht unterschieden. Die Ladeansicht gleicht einem Datenmodell in Anlehnung an die Daten der Quellsysteme, zum Beispiel Milchmengentabellen aus dem Melkstand. Die Analyseansicht kombiniert verschiedene Tabellen aus der Ladeansicht in zusammengesetzte Tabellen zur Erleichterung der Datenanalyse. Zudem werden OLAP-/Daten-Würfel zur bewusst redundanten Datenspeicherung für eine einfachere interaktive Datenanalyse verwendet. Mittels RDF-Vokabulars (QB/QB4OLAP) werden Abfrageergebnisse zurückgegeben. Über Analyse- und Steuerungsregeln als auch über regelbasierte Schlussfolgerungen werden Abfragebasierte Schnittstellen als auch die Bereitstellung von Managementempfehlungen für

EndbenutzerInnen ermöglicht. In Abbildung 2 ist exemplarisch das Auftreten von Hitzestress („Temperature-Humidity-Index“, $THI \geq 68$) in den Sommermonaten in einem der Studienbetriebe dargestellt.

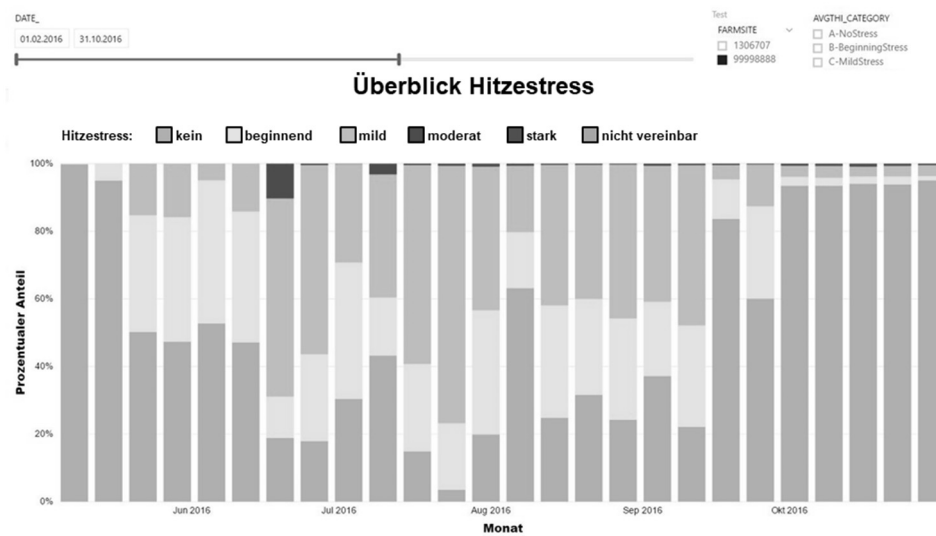


Abb. 2: Auftreten von Hitzestress im Milchviehstall eines Betriebes

Der für die einzelnen Funktionsbereiche des Milchviehbetriebes ermittelte THI kann durch eine automatisierte Regelung von Ventilatoren zur Stallklimagegestaltung genutzt werden. Ein THI-basiertes Heranschieben von Futter, das zu einer Maximierung der Grundfutteraufnahme beitragen kann, soll in Folgestudien getestet werden.

4 Fazit und Ausblick

Ein erster Prototyp für ein optimiertes Informationsmanagement im Precision Dairy Farming wurde erfolgreich implementiert. Unter Verwendung von offenen Schnittstellen und Ontologien wurde eine Plattform in einem semantischen Data Warehouse zur überbetrieblichen Datenintegration von verschiedenen Milchviehbetrieben unterschiedlicher Struktur entwickelt. Aus den gewonnenen Daten werden derzeit in einem integrierten Ansatz Risikofaktoren für das Auftreten der bovinen Ketose ermittelt. Einzelne bzw. die Kombination von Risikofaktoren können dann auf Herdenebene dazu genutzt werden, prophylaktische Maßnahmen (z. B. Stallklimagegestaltung, veränderte Rationszusammensetzung) einzuleiten. Auf Einzeltierebene lassen sich Kühe identifizieren, die auf das Vorliegen der subklinischen Ketose, z. B. durch Messung der BHB-Konzentration im Blut, getestet werden sollten. Die Effizienz des Systems muss in zukünftigen Feldstudien getestet werden.

Literaturverzeichnis

- [Du00] Duffield, T.: Subclinical Ketosis in Lactating Dairy Cattle. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 16, S: 231-253, 2000.
- [Ea12] Eastwood, C.R.; Chapman, D.F.; Paine, M.S.: Networks of practice for co-construction of agricultural decision systems: Case studies of precision dairy farms in Australia. *Agric. Syst.* 108, S. 10-18, 2012.
- [Gr90] Gröhn, Y.T. et al.: Epidemiology of reproductive disorders in dairy cattle. Associations among host characteristics, disease and production. *Prev. Vet. Med.* 8, S. 25-39, 1990.
- [In06] Ingvarsen, K.L.: Feeding- and management-related diseases in the transition cow. *Anim. Feed Sci. Technol.* 126 (3-4), S. 175-213, 2006.
- [Ru13] Rutten, C.J. et al.: Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *J. Dairy Sci.* 96 (4), S. 1928-1952, 2013.
- [To15] Tomic, D.; Drenjanac, D.; Wöber, W.; Hörmann, S.; Auer, W.: Enabling Semantic Web for Precision Agriculture: a Showcase of the Project agriOpenLink. *SEMANTICS (Posters and Demos), CEUR Workshop Proceedings Vol. 1*, S. 26-29, 2015.

Irrigation and Nitrogen Management for Sustainable Potato Production under Climate Change Scenario: A Simulation Study

Ritu Raj Jaitawat¹, Dillip Kumar Swain¹ and Heinz Bernhardt²

Abstract: Potato growth and development is largely influenced by water and nutrient availability, light and temperature making it highly vulnerable to anticipated climate change. This study is undertaken to simulate the impact of climate change on potato production and to evaluate the various agro-adaptation strategies such as irrigation and fertilizer management. SUBSTOR- potato model was used to simulate the growth and development of potato crop. This study was carried out for Kharagpur conditions in India. Simulation results indicate that 140 kg N/ha applied in 3 split doses gives the highest sustainable yield for both automatic drip and conventional furrow irrigation schemes. Automatic drip irrigation gave 44 % higher yield than conventional furrow irrigation. The study has revealed yield reduction up to 27.81 % and 40.7 % for conventional furrow and automatic drip irrigation respectively in future climate scenario.

Keywords: Potato, climate change, simulation, agro-adaptations, planting date, SUBSTOR-model.

1 Introduction

Crop production under global climate change is one of the key challenges of modern agriculture. It affects agriculture in a number of ways, including a rise in temperature, high variability in precipitation, changes in atmospheric CO₂ and nutritional quality of some foods. Agriculture being very vulnerable to climate change, needs to be prepared in advance to combat the negative impacts of climate change and utilize the possible benefits of changed environmental conditions. Thus, adaptive strategies for different climate change scenarios (e.g. fertilizer and irrigation management, etc.) need to be evaluated to optimize the crop yield due to climate change.

Potato figures among the principal non-grain crops worldwide. The global potato production has shown a steady increase from 267 million metric ton in 1990 to 376.8 million metric ton in 2016 [FA18]. India is the second largest producer of potato. Together with China, India accounts for nearly 35 % of the world production. Potato is a cool climate crop and best suited to temperate regions. It is a weather sensitive crop and its growth and production is influenced by climate [Ko95] and numerous other factors

¹ Indian Institute of Technology Kharagpur, Agricultural and Food Engineering Department, West Bengal, Kharagpur, 721302, ritu.rathore1395@gmail.com, swain@agfe.iitkgp.ac.in

² Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising, heinz.bernhardt@wzw.tum.de

like nutrition, irrigation, etc. Potato is the main source of food security and income in the developing world [LC09]. A growing population, along with climate change, will put additional pressure on potato food systems. Hence, integrating crop models when evaluating the impact of new technologies and strategies for adapting to climate change, is required. Thus, this study is aimed at evaluating the impact of climate change on potato yield using SUBSTOR- model and obtaining the sustainable fertilizer and irrigation management strategies to improve production.

2 Simulation Model

The SUBSTOR-potato model is embedded in the DSSAT-CSM (Decision Support Systems for Agro-technology Transfer-Crop Simulation Model) software. The model simulates growth and development of potato crop using daily weather data, soil, management and cultivar information. GBR93 and Ri95 have given an extensive description of this model. This model has four sub models simulating simultaneously which are phenological development, biomass formation and partitioning, soil water balances and soil nitrogen balances. The accumulation and partitioning of biomass in potato depends on intercepted radiation, temperature and photoperiodicity. The model uses a zero to one relative temperature function based on mean daily air temperature to simulate the response of different plant organs and processes over a wide temperature range. Five cultivar-specific parameters control crop development and growth. [GBR93]. The SUBSTOR- potato model has been successfully calibrated and validated under different environments in many countries to assess the yield responses to climatic conditions [Ra17]. The SUBSTOR-model has been validated for Kharagpur area in India for Kufri Jyoti cultivar. The validated genetic coefficients for Kufri Jyoti cultivar (G2-1100, G3-30, PD-0.8, P2-0.8 and TC-19) are taken from previous studies.

3 Evaluation of adaptation strategies

The adverse impacts of climate change can be reduced by using good management strategies. The SUBSTOR model was used to simulate the potato yield for 13 fertilizer treatments under two irrigation schemes in the data period of 2001-2010.

The recommended doses of P₂O₅ (100 kg/ha) and K₂O (120 kg/ha) were applied on the day of sowing. Four doses of nitrogen fertilizer (urea) with four split applications were selected (Tab. 1). The fertilizer doses applied on the day of sowing were broadcasted and incorporated into the soil while those applied later were simply broadcasted without incorporation.

The model was simulated for two irrigation schemes i.e. automatic drip irrigation and conventional furrow irrigation. Under automatic drip irrigation system, water was

applied whenever the available water content dropped below 60 % while in furrow irrigation, 300 mm of water was applied in nine splits throughout the growing season.

Doses of Nitrogen	Split Applications
T1: 0 kg/ha	SA1: 50% at Basal+25% at 30 DAP+25% at 45 DAP
T2: 100 kg/ha	SA2: 25% at Basal+50% at 30 DAP+25% at 45 DAP
T3: 140 kg/ha	SA3: 25% at Basal+25% at 30 DAP+50% at 45 DAP
T4: 200 kg/ha	SA4: 50% at Basal+50% at 30 DAP

Tab. 1: Nitrogen application (DAP stands for days after planting)

Changing the planting dates in future scenario affects the potato yield significantly as manipulation of light and temperature can be done to a certain extent by altering the planting dates. This use of planting dates as adaptation strategy is another part of this research, not included in this paper.

The other growing conditions were assumed to be standard and no stresses other than N and water were assumed. Potato yield was simulated for all of the above management practices for the data period of 2001-2010. The practice giving the highest sustainable yield was obtained and then was used for future climate scenario.

4 Climate change scenario

The global simulations from Max Planck Institute for Meteorology-Earth System Model (MPI-ESM) was downscaled using REMO over CORDEX domain for South Asia. The MPI-ESM model consists of the general circulation model for the atmosphere ECHAM6 coupled to the MPI Ocean Model (MPI-OM) whereas, REMO is a 3D atmospheric circulation model based on Europa-model and ECHAM4 over limited area [GJA09]. The data were downloaded from Indian Institute of Tropical Meteorology, Pune website. The data was extracted for the location in eastern India. Climate change experiments were performed for three future periods i.e. 2011-2040, 2041-2070 and 2071-2100 with the representative concentration pathway (RCP 4.5). The RCP scenarios are based on total radiative forcings (W/m^2). In RCP 4.5, radiative forcings are expected $4.5 W/m^2$ without overshoot and to be stabilized by 2100 as result of improved technologies and reduced greenhouse gas emissions. This represents medium concentration of greenhouse gases, aerosols, ozone and anthropogenic land use scenarios [Mo10]. The future climate change scenarios were applied to current potato cropping systems and the yield trend was obtained for the future period. Average values of all the climatic parameters were obtained for data periods 1971-2000, 2001-2010, 2011-2040, 2041-2070 and 2071-2100. These values were then compared to get the climate change trend in the future years (Fig. 1).

All four climatic parameters show different trends in future years (Fig. 1). Tmax and Tmin shows an increasing trend whereas SRAD increases until data period 2041-2070

and then reduces in 2071-2100. Rainfall shows a very uneven trend. It increases in data period 2001-2010 then decreases till 2041-2070 and then again increases in 2071-2100. [Ho18] justifies this unexpected increase in rainfall in data period 2071-2100.

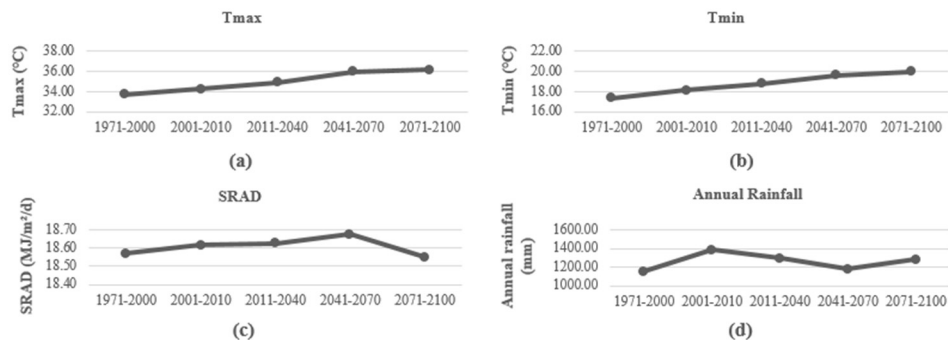


Fig. 1: Predicted change in (a) Tmax, (b) Tmin, (c) SRAD and (d) Rainfall in future scenario

5 Results and discussions

The output from crop modelling in terms of best treatment and yield trend in future climate scenario are summarised and then discussed below.

5.1 Impact of different nitrogen and irrigation management on potato yield for data period (2001-2010)

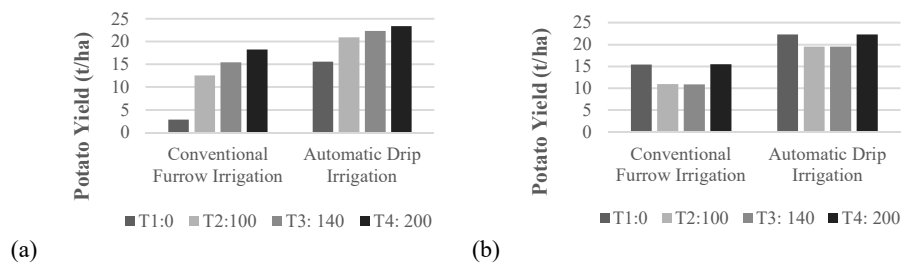


Fig. 2: Impact on potato yield of different (a) nitrogen doses and (b) split applications (SA)

In conventional furrow irrigation system, a small increase in fertilizer dose (about 50 kg/ha) increases the yield significantly by about 20 % whereas in automatic drip irrigation systems, such an increase in fertilizer dose increases yield by only about 6 % (Fig. 2(a)). Therefore, a general recommendation of 140 kg N/ha is suitable for both

irrigation systems for the selected region [Tr08]. It is clear from Fig. 2(b) that the SA1 and SA4 gives good yield. Considering nitrate leaching losses, SA1 is better than SA4, as N is applied in three splits in SA1. Therefore, applying 140 kg N/ha in three split doses (2:1:1) gives best yield and thus this treatment should be used for future climate scenario. Moreover, for the best treatment, automatic drip irrigation gave 44 % more yield as compared to conventional furrow irrigation (Fig. 2). The reason for this increase is the good water use efficiency of drip irrigation, as water is applied directly in root zone of the crop and there are no conveyance, evaporation and percolation losses [Ta12]. Also, since drip irrigation is applied automatically, less water stress is experienced by the crop.

5.2 Impact of climate change on potato yield

The yield gap due to climate change is obtained by getting the difference between historic and future yields. The yields for three data periods ranging from 2011 to 2100 were simulated taking data period 1971-2000 as base dataset (Fig. 3).

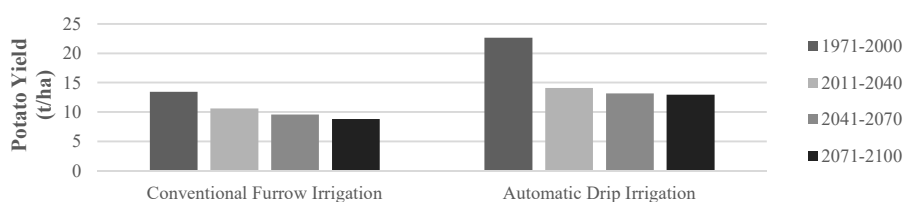


Fig. 3: Yield trend for RCP 4.5

For conventional furrow irrigation, the average historical yield was 13.42 t/ha (Fig. 3). In future scenario, the yield reduced. However, no linear trend was observed. The yield reduction from historical yield in data periods 2011-2040, 2041-2070 and 2071-2100 was 20.71 %, 28.53 % and 34.2 %, respectively (Fig. 3). A similar trend was observed in both irrigation schemes. The average historical yield for automatic drip irrigation was 22.64 t/ha. The yield reduction from historical yield in data periods 2011-2040, 2041-2070 and 2071-2100 was 37.8 %, 41.7 % and 42.7 % respectively (Fig. 3). Potato is a cool season crop and develops best at about 20°C. Overnight temperatures above 22°C severely hamper tuber development and may lead to drastic reduction in yield. Potato productivity is significantly reduced at temperature higher than optimum [Ry15]. Moreover, variety Kufri Jyoti is quite sensitive to temperature [PG13].

6 Conclusions

The SUBSTOR-potato model was used to simulate the effect of various nitrogen application and irrigation management schemes on potato yield. Simulation results imply that 140 kg N/ha applied in three split doses i.e. 2:1:1 at 0, 30 and 45 DAP gives the best yield for both irrigation schemes. Automatic drip irrigation gave 44 % higher yield as

compared to conventional furrow irrigation. The comparative analysis of potato yield in changing climate showed that there is an overall decrease in future yield as compared to historical yield. As a result of climate change, on average 27.81 % and 40.73 % yield reduction is predicted in conventional furrow and automatic drip irrigation respectively. Further outputs of the model, not shown in detail, indicate, that the most crucial agro adaptation strategy is planting time. However, further study on adaptation alternatives like climate change resilient varieties, planting time combined with the occurrence of rainfall and optimum fertility level needs to be carried out.

References

- [FA18] FAOSTAT (2018). Food and Agriculture Organization of United Nations. <https://www.potatopro.com/world/potato-statistics> (retrieved on 19th October 2018).
- [GJA09] Giorgi, F.; Jones, C.; Asrar, G.R.: Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework. *World Meteorological Organization*, 58(3): 175, 2009.
- [GBR93] Griffin, T.S.; Bradley, S.J.; Ritchie, J.T.: A Simulation Model for Potato Growth and Development: SUBSTOR-potato Version 2.0. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, Honolulu, 29, 1993.
- [Ho18] Housfather, Z. 2018. Explainer: What climate models tell us about future rainfall? *Climate Modelling*. <https://www.carbonbrief.org/explainer-what-climate-models-tell-us-about-future-rainfall> (accessed on December 5, 2018).
- [Ko95] Kooman, P.: *Yielding Ability of Potato Crops*. Wageningen Agricultural University, 1995.
- [LC09] Lualadio, N.; Castaidi, L.: Potato: The hidden treasure. *J. Food Compos. Anal.* 22 (6), 2009.
- [Mo10] Moss R.H. et al.: The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* 463(7282): 747-56, 2010.
- [PG13] Paul S.; Gogoi N.: Impact of high temperature on potato growth and yield: an approach to identify the resistant varieties. *International Journal of Biotechnology and Bioengineering Research*. 4(6): 561-562, 2013.
- [Ra17] Raymundo, R. et al.: Performance of the SUBSTOR-potato model across contrasting growing conditions. *Field Crops Research*. 202: 57–76, 2017.
- [Ry15] Rykaczewska, K.: The effect of high temperature occurring in subsequent stages of plant development on potato yield and tuber physiological defects. *American Journal of Potato Research*. 99(3): 339-349, 2015.
- [Ta12] Tagar A. et al.: Comparative study of drip and furrow irrigation methods at farmer's field in Umarkot. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 6(9), 2012.
- [Tr08] Trehan S.P. et al.: *Nutrient management in potato*. CPRI Shimla. *Indian Council of Agricultural Research Bulletin* 90, 2008.

Standortangepasstes N-Düngemanagement im Weizenanbau als Klimaanpassungsmaßnahme bei zunehmend variierender N-Versorgung aus dem Bodenvorrat

Yusuf Nadi Karatay^{1,2} und Andreas Meyer-Aurich¹

Abstract: Der Klimawandel kann auf die N-Versorgung aus dem Bodenvorrat wirken. Bei zunehmender Varianz der N-Mineralisation können optimale N-Düngergaben schlechter abgeschätzt und damit Erträge sowie Produktqualitäten und demzufolge die Wirtschaftlichkeit des Weizenanbaus negativ beeinflusst werden. Das Ziel dieser Arbeit ist zu prüfen, inwieweit teilflächenspezifische N-Düngung von Winterweizen bei zunehmend variierender N-Versorgung aus dem Bodenvorrat im Vergleich zur einheitlichen N-Düngung kosteneffizient ist. Zu diesem Zweck wurde die Produktion von Winterweizen auf einem virtuellen Schlag mit zwei Teilschlägen unterschiedlicher Ertragspotentiale modelliert. Die Ergebnisse zeigen, dass der ökonomische Vorteil von teilflächenspezifischem N-Management bei zunehmend variierender N-Versorgung aus dem Bodenvorrat leicht zugenommen hat, welcher überwiegend durch die Sicherung durchschnittlich höherer Produktqualität entsteht. Außerdem weist das teilflächenspezifische N-Management bei zunehmend variierender N-Mineralisation einen risikoreduzierenden Effekt auf.

Keywords: Precision Farming, Wirtschaftlichkeit, Mineralisation, Monte-Carlo-Simulation

1 Einleitung

Die Bereitstellung von Stickstoff (N) aus dem Boden durch Mineralisation organischer Substanz ist abhängig von der Temperatur und Bodenfeuchte. Räumliche und zeitliche Verfügbarkeit von Wasser und N in der Pflanzenwachstumsvegetationszeit beeinflussen Ertragsschwankungen deutlich [Bo18]. Infolge des Klimawandels werden steigende Durchschnittstemperaturen, ein verändertes Niederschlagsregime und häufigere Extremwetterereignisse erwartet [SS02; Ho07], die auch Auswirkungen auf die Dynamik der Mineralisation von organischen Substanzen im Boden haben können [Bl10; Sc18]. Der Klimawandel kann direkt und indirekt auf die N-Nachlieferung wirken [Pa12; DLO14].

Da das Wetter auf die N-Verfügbarkeit im Boden und damit auf den Düngebedarf wirkt, macht der Klimawandel und insbesondere die erhöhte Klimavariabilität ein passendes N-Management noch notwendiger [Me08]. Bei zunehmender Varianz der N-Mineralisation können optimale N-Düngergaben schlechter abgeschätzt und damit Erträge sowie Produktqualitäten und demzufolge die Wirtschaftlichkeit des Weizenanbaus negativ beeinflusst werden. Daher machen die erwarteten Klimafolgen das N-Dünge-

¹ Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Abteilung Technikbewertung und Stoffkreisläufe, Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam, ykaratay@atb-potsdam.de (Y.N. Karatay), ameyer-aurich@atb-potsdam.de (A. Meyer-Aurich)

² Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Invalidenstraße 42, D-10115 Berlin

management in Zukunft schwieriger. Ein unpassendes Management könnte nicht nur zu betrieblichen, sondern auch zu höheren gesellschaftlichen Kosten führen. Dadurch wird die Rolle eines standortangepassten N-Managements in Bezug auf die Klimafolgen immer wichtiger.

Precision Farming (PF) Technologien bieten ein standortangepasstes und gezieltes Management der N-Düngung an und können dadurch Produktionsrisiken verringern [GM17]. Bei variierender N-Versorgung aus dem Bodenvorrat kann teilflächenspezifische N-Düngung (PF) möglicherweise zu angepassten N-Düngergaben und damit zu höheren Erlösen beitragen und das Verlustrisiko verringern. In diesem Beitrag wird untersucht, inwieweit teilflächenspezifische N-Düngung von Winterweizen bei zunehmend variierender N-Versorgung aus dem Boden im Vergleich zur einheitlichen N-Düngung kosteneffizient ist. Außer dem Effekt variierender N-Einträge auf Erträge wird die Auswirkung der N-Einträge auf die Produktqualitäten berücksichtigt, welche dann den Produktpreis von Weizen bzw. die Wirtschaftlichkeit des Weizenanbaus beeinflussen.

2 Material und Methoden

2.1 Ertrags- und Proteinfunktionen und Stickstoffmineralisation

Die Produktion von Winterweizen wurde auf einem virtuellen Schlag mit zwei Teilschlägen unterschiedlicher Ertragspotenziale modelliert. Die Produktionsfunktionen für eine hohe und eine niedrige Ertragszone wurden von [KM18] übernommen, die anhand eines Normierungsansatzes mit empirischen Daten von [Kö00] geschätzt wurden. Die Proteinfunktionen wurden durch die veröffentlichten Datensätze von [EEK01] und [Er05] modelliert. Die N-Nachlieferung durch Mineralisation von N aus dem Bodenvorrat wurde basierend auf den Ertragsdaten von [Kö00] geschätzt. Der prinzipielle Zusammenhang der N-Dynamik zwischen der Pflanze und dem Boden wird in der Abbildung 1 schematisch dargestellt. Der N-Düngebedarf wird hier als die Differenz zwischen N-Aufnahme/N-Bedarf der Pflanze und N-Versorgung aus dem Boden (N-Mineralisation) verstanden. Da das Wetter auf die N-Mineralisation wirkt, entsteht eine gewisse Unsicherheit hinsichtlich der temporalen N-Versorgung aus dem Bodenvorrat.

2.2 N-Düngermanagementoptionen und Wirtschaftlichkeit

Zwei N-Düngermanagementoptionen wurden berücksichtigt: teilflächenspezifische N-Düngung mit N-Sensor (PF) und flächeneinheitliche N-Düngung (UNI). In Abhängigkeit der teilflächenspezifischen Produktionsfunktionen und Qualitätsresponsefunktionen wurden ökonomisch optimale N-Düngermengen jeweils teilflächenspezifisch und flächeneinheitlich berechnet. Der Rohproteingehalt (RPG) wurde als Proxy für Weizen-

qualität angenommen und zwei Qualitäten wurden berücksichtigt: Backqualität ($\geq 13\%$ RPG) und Futterqualität ($< 13\%$ RPG). Die Preise für Back- und Futterweizen und N-Dünger (Kalkammonsalpeter) wurden aus [HL16] entnommen. Die N-kostenfreie Leistung wurde als Erlös, durch den erzielten Ertrag multipliziert mit dem Weizenpreis abhängig von der Weizenqualität, abzüglich der N-Düngekosten, berechnet. Bei der teilflächenspezifischen N-Düngung wurden noch zusätzlich die Kosten für Kapital und Information für den N-Sensor mit 11 €/ha/a [OECD16] berücksichtigt.

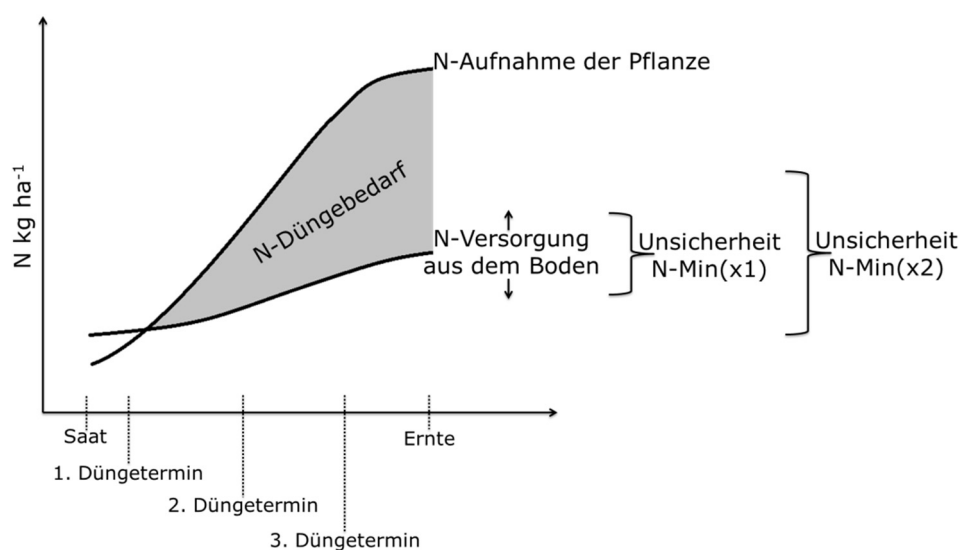


Abb. 1: Die N-Dynamik zwischen der Pflanze und dem Boden und die Unsicherheit bezüglich in einfacher „N-Min(x1)“ und doppelter Höhe „N-Min(x2)“ variierender N-Mineralisation

2.3 Szenarioanalyse

Das Basisszenario „N-Min(x1)“ berücksichtigt die Unsicherheit bezüglich der N-Mineralisation im Boden in einfacher Höhe basierend auf empirischen Daten abgeleitet von [Kö00]. Um den durch den Klimawandel bedingten Einfluss zunehmend variierender temporaler N-Mineralisation auf die Wirtschaftlichkeit des Weizenbaus zu untersuchen, wurde in einem alternativen Szenario „N-Min(x2)“ die Varianz der N-Mineralisation in doppelter Höhe simuliert (Abb. 1). Bei der PF-Managementoption mit N-Sensor wurde angenommen, dass der N-Sensor die Veränderung der N-Mineralisation indirekt über das Pflanzen-Monitoring (N-Sensor) zwischen der zweiten und dritten N-Gabe bis zu 50 % abschätzen und dementsprechend die ökonomisch optimalen N-Düngermengen teilflächenspezifisch anpassen kann (Abb. 1). Die Abbildung von Unsicherheiten bzgl. der Versorgung der Pflanzen mit N aus dem Bodenvorrat erfolgt mit Monte-Carlo-Simulationen (10000 Iterationen). Der Unsicherheitsparameter wurde in *@Risk* (Palisade Corporation Software, Ithaca NY USA) mit einer Dreiecksverteilung

modelliert. Die Erwartungswerte der Verteilung von Erträgen, Rohproteingehalten und N-kostenfreien Leistungen lieferten die Grundlagen für die Berechnungen. Als Verlustrisikomaß wurde *Conditional Value at Risk* (CVaR) angewandt. CVaR (95) gibt den Erwartungswert der N-kostenfreien Leistung in den untersten 5 % der Fälle an.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchungen dieser Studie zeigen, dass beim Basisszenario „N-Min(x1)“, sowie beim Alternativszenario „N-Min(x2)“ mit zunehmend variierender N-Versorgung aus dem Bodenvorrat ein höherer Erwartungswert der N-kostenfreien Leistung mit teilflächenspezifischer N-Düngung erzielt wurde (Tab. 1). Der ökonomische Vorteil des teilflächenspezifischen N-Management im Basisszenario war überdurchschnittlich im Vergleich zu anderen ähnlichen Studien, die aber die Wahrscheinlichkeit des Erreichens von Backqualität nicht berücksichtigt haben [GM17]. Der ökonomische Vorteil von teilflächenspezifischem N-Management hat im Alternativszenario „N-Min(x2)“ leicht zugenommen. Die Höhe der Erträge blieb relativ unverändert in beiden Szenarien. Der ökonomische Vorteil der PF-Technologie in beiden Simulationen entsteht überwiegend durch die Sicherung durchschnittlich höherer Produktqualitäten im Vergleich zum flächeneinheitlichen N-Management. In der Szenarioanalyse „N-Min(x2)“ war die Wahrscheinlichkeit eines Rohproteingehalts <13 % beim teilflächenspezifischen N-Management nur 12 %, während diese bei flächeneinheitlichen bei knapp 50 % lag.

Szenario	Mgmt	\bar{x} Ertrag (Mg/ha)	\bar{x} RPG (%)	P (RPG <13 %)	Nkfl (€/ha)	CVaR (95) (€/ha)	
						N-Sensor 50 %	N-Sensor 75 %
N- Min(x1)	UNI	6,21	13,06	40 %	941	873	873
	PF	6,35	13,41	0 %	974	950	952
N- Min(x2)	UNI	6,15	12,99	49 %	925	810	810
	PF	6,33	13,38	12 %	961	851	924

Tab. 1: Ergebnisse der Monte-Carlo-Simulationen hinsichtlich der Unsicherheit in einfacher „N-Min(x1)“ und doppelter Höhe „N-Min(x2)“ variierender N-Mineralisation und des Risikoverminderungspotenzials von teilflächenspezifischem N-Management (PF) im Vergleich zum flächeneinheitlichen N-Management (UNI)

Mgmt: Management; \bar{x} : Mittelwert; P: Wahrscheinlichkeit; RPG: Rohproteingehalt; Nkfl: N-kostenfreie Leistung; CVaR(95): Conditional value at risk; N-Sensor 50 % / 75 %: Erfassung der N-Mineralisation mit dem N-Sensor bis zu 50 % / 75 %

Trotz der Kosten für Kapital bzw. Information der PF Technologie konnte das Verlustrisiko mit teilflächenspezifischer N-Düngung deutlich verringert werden. Das relative Risikoverminderungspotenzial der PF-Technologie in den untersten 5 % der Fälle (CVaR(95)) gegenüber dem flächeneinheitlichen N-Management hat im Vergleich

zum Basisszenario abgenommen (Tab. 1), wenn die N-Mineralisation mit dem N-Sensor bis zu 50 % erfasst werden konnte. Weitergehend wurde geprüft, inwieweit sich das relative Risikominderungspotenzial der PF-Technologie gegenüber dem flächeneinheitlichen N-Management ändern würde, wenn der N-Sensor durch Technikverbesserung die Veränderung der N-Mineralisation besser erfassen könnte. Dafür wurde der Verlauf mit der Annahme der oben genannten Abschätzung des N-Sensors bis zu 75 % simuliert (Tab. 1). Das Verlustrisiko hat sich in diesem Fall, gegenüber dem Alternativszenario mit N-Sensor 50 %, verringert, welches darauf hinweist, dass der risikoreduzierende Effekt vom teilflächenspezifischen N-Management bei zunehmend variierender N-Mineralisation weiter stark bleibt, wenn die Variabilität der N-Mineralisation durch den N-Sensor besser, i.e. mit N-Sensor 75 %, erfasst werden kann.

4 Fazit und Ausblick

Die Berücksichtigung variierender N-Mineralisation bei der N-Düngung kann zu höherem wirtschaftlichem Erfolg teilflächenspezifischer Düngung führen. Mit zunehmender Variabilität der N-Mineralisation nimmt die Unsicherheit einer optimalen Düngung zu. Dies hat nach unseren Berechnungen nur einen kleinen Einfluss auf den ökonomischen Vorteil von teilflächenspezifischem N-Management. Dieses Ergebnis hängt stark davon ab, inwiefern mit PF-Technologien die kurz- und mittelfristige N-Mineralisation etwa mit einem N-Sensor erfasst werden kann. Bei genauerer Erfassung der N-Mineralisation kann das ökonomische Verlustrisiko mit teilflächenspezifischer Düngung stärker gemindert werden. Mit solch einer Weiterentwicklung der Technik könnte das teilflächenspezifische N-Management eine kosteneffiziente Klimaanpassungsmaßnahme bei zunehmend variierender N-Versorgung aus dem Bodenvorrat berücksichtigt werden.

Neue Methoden/Technologien werden entwickelt, um die N-Verfügbarkeit im Boden schnell zu ermitteln, um den Düngebedarf der Pflanzen zu schätzen, i.e. *Pre-sidedress Nitrate Test*. In Zukunft können diese Technologien für eine Echtzeit-Messung mit Sensoren weiterentwickelt und mit anderen PF-Technologien, i.e. variable N-Düngung, kombiniert werden. So kann das Verlustrisiko mit den PF-Technologien, auch bei hoch variierender N-Versorgung aus dem Bodenvorrat, weiter verringert werden.

Literaturverzeichnis

- [Bl10] Blume, H.-P., Brümmer, G.W., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretschmar, R., Stahr, K., Wilke B.-M.: Lehrbuch der Bodenkunde – Scheffer / Schachtschabel, 16. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 2010.
- [Bo18] Boenecke, E., Lueck, E., Ruehlmann, J., Gruending, R., Franko, U.: Determining the within-field yield variability from seasonally changing soil conditions. *Precision Agriculture*, 19(4), 750-769, 2018.
- [DLO14] Doltra, J., Lægdsmand, M., Olesen, J. E.: Impacts of projected climate change on productivity and nitrogen leaching of crop rotations in arable and pig farming systems in Denmark. *The Journal of Agricultural Science*, 152(1), 75-92, 2014.

- [EEK01] Ellmer, F., Erekul, O., Köhn, W.: Einfluss langjährig differenzierter organisch-mineralischer Düngung auf den Ertrag, die Ertragsstruktur und die Backqualität von Winterweizen. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 47(5-6), 423-444, 2001.
- [Er05] Erekul, O., Ellmer, F., Köhn, W., Öncan, F.: Einfluss differenzierter Stickstoffdüngung auf Kornenertrag und Backqualität von Winterweizen. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 51:5, 523-540, 2005.
- [GM17] Gandorfer, M., Meyer-Aurich, A.: Economic Potential of Site-Specific Fertiliser Application and Harvest Management. In *Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives*, Springer, Cham., 79-92, 2017.
- [HL16] Hanff, H., Lau, H.: Datensammlung für die Betriebsplanung und die Betriebswirtschaftliche Bewertung Landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg, 7', MIL, Potsdam, 2016.
- [Ho07] Howden, S. M., Soussana, J. F., Tubiello, F. N., Chhetri, N., Dunlop, M., Meinke, H.: Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the national academy of sciences*, 104(50), 19691-19696, 2007.
- [KM18] Karatay, Y. N., Meyer-Aurich, A.: A Model Approach for Yield-Zone-Specific Cost Estimation of Greenhouse Gas Mitigation by Nitrogen Fertilizer Reduction. *Sustainability*, 10(3), 710, 2018.
- [Kö00] Köhn, W., Ellmer, F., Peschke, H., Chmielewski, F., Erekul, O.: Dauerdüngungsversuch Berlin-Dahlem Deutschland. In Körschens M.: *UFZ-Bericht 15/2000, Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuche, Bericht der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Bodenfruchtbarkeit in der Internationalen Bodenkundlichen Union*, Verlag: Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Sektion Bodenforschung, S. 25-35, 2000.
- [Me08] Melkonian, J. J., Van Es, H. M., DeGaetano, A. T., Joseph, L., Kosla, R.: ADAPT-N: Adaptive nitrogen management for maize using high-resolution climate data and model simulations. In *Proceedings of the 9th international conference on precision agriculture*, 2008.
- [OECD16] OECD: *Farm Management Practices to Foster Green Growth*. OECD Publishing, Paris, 2016.
- [Pa12] Patil, R. H., Laegdsmand, M., Olesen, J. E., Porter, J. R.: Sensitivity of crop yield and N losses in winter wheat to changes in mean and variability of temperature and precipitation in Denmark using the FASSET model. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 62(4), 335-351, 2012.
- [Sc18] Schimmelpfennig, S., Heidecke, C., Beer, H., Bittner, F., Klages, S., Krengel, S., Lange, S.: *Klimaanpassung in Land- und Forstwirtschaft: Ergebnisse eines Workshops der Ressortforschungsinstitute FLI, JKI und Thünen-Institut (No. 86)*. Thünen Working Paper, 2018.
- [SS02] Smit, B., Skinner, M. W.: Adaptation options in agriculture to climate change: a typology. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 7(1), 85-114, 2002.

Kosteneffiziente Vermeidung von Treibhausgasemissionen durch Düngereduktion: standortspezifische Analyse mit simulierten Ertragsfunktionen

Yusuf Nadi Karatay^{1,2}, Andreas Meyer-Aurich¹, Uwe Hunstock¹, Tommaso Stella³ und Claas Nendel³

Abstract: Stickstoffdüngung (N) in der Landwirtschaft ist essenziell, um die wachsende Weltbevölkerung ernähren zu können. Der vermehrte N-Düngereinsatz beinhaltet allerdings hohe externe Kosten, u. a. aufgrund von Treibhausgasemissionen (THG). Eine Reduktion der N-Düngung kann die Vermeidung von THG-Emissionen ermöglichen, allerdings gleichzeitig Ertragseinbußen und damit Einkommensverluste verursachen. Die Höhe der Kosten hängt davon ab, wie Erträge auf reduzierte N-Düngung reagieren. Ertragseinbußen aufgrund reduzierter Düngung können von Standort zu Standort unterschiedlich sein. Unsere Studie geht den Forschungsfragen nach, ob eine N-Düngereduktion als eine kosteneffiziente THG-Vermeidungsmaßnahme berücksichtigt werden kann und ob Standorte unterschiedlicher Ertragspotenziale im Hinblick auf THG-Vermeidungskosten komparative Vorteile aufweisen. Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Unterschiede der Ertragswirkungen zu unterschiedlichen Vermeidungskosten der THG-Emissionen durch N-Düngereduktion führen. Die Kosteneffizienz der THG-Vermeidung mit N-Düngereduktion kann gesteigert werden, wenn standortspezifische komparative Kostenvorteile berücksichtigt werden. Demzufolge kann z. B. eine optimale regionale N-Düngereduktion für ein gemeinsames THG-Vermeidungsziel erzielt werden.

Keywords: Stickstoff, N-Düngung, THG, Klimawandel, komparative Kostenvorteile

1 Einleitung

Stickstoff (N) ist essenziell für die landwirtschaftliche Produktion und wird insbesondere in Form von mineralischem N-Dünger in wachsendem Maße eingesetzt, um die Agrarproduktion im Hinblick auf die wachsende Weltbevölkerung zu steigern [RV09]. Der vermehrte N-Düngereinsatz bedingt allerdings hohe externe Kosten, u. a. verursacht durch die Folgen von Umweltbelastungen und Treibhausgasemissionen (THG) [Su11]. Eine Reduktion der N-Düngung kann die Vermeidung von THG-Emissionen ermöglichen, allerdings gleichzeitig Ertragseinbußen und damit Einkommensverluste verursachen [KM18]. Die Höhe der Kosten hängt davon ab, wie die Erträge auf

¹ Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Abteilung Technikbewertung und Stoffkreisläufe, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, ykaratay@atb-potsdam.de (Y.N. Karatay), ameyer-aurich@atb-potsdam.de (A. Meyer-Aurich), uhunstock@atb-potsdam.de (U. Hunstock)

² Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Invalidenstraße 42, 10115 Berlin

³ Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. (ZALF), Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg, tommaso.stella@zalf.de (T. Stella), nendel@zalf.de (C. Nendel)

reduzierte N-Düngung reagieren, welche von Standort zu Standort unterschiedlich sein kann.

Um die standortspezifischen marginalen Vermeidungskosten der THG-Emissionen mit N-Düngereduktion berechnen zu können, muss die Ertragswirkung der N-Düngung geschätzt werden. Diese kann mit empirischen Daten langjähriger Feldversuche, mit statistischen Modellen oder mit den Modellen, die das Pflanzenwachstum prozessbasiert und dynamisch simulieren, geschätzt werden. In unserer Studie haben wir mithilfe des Pflanzenwachstumsmodells MONICA (*Model for Nitrogen and Carbon in Agroecosystems*) die Ertragswirkung der N-Düngung auf Standorten mit unterschiedlichen Standorteigenschaften (Ertragspotenzialen) im Bundesland Brandenburg simuliert.

Der Beitrag geht der Forschungsfrage nach, ob eine N-Düngereduktion als eine kosteneffiziente THG-Vermeidungsmaßnahme berücksichtigt werden kann. Dazu wird untersucht, ob Standorte unterschiedlicher Ertragspotenziale im Hinblick auf THG-Vermeidungskosten komparative Vorteile aufweisen.

2 Material und Methoden

2.1 Pflanzenwachstumssimulation mit MONICA und Schätzung der Ertragsfunktionen

In unserer Studie wurde mit Hilfe des Pflanzenwachstumsmodells MONICA die Ertragswirkung des N-Düngers auf Standorten mit unterschiedlichen Standorteigenschaften (Ertragspotenzialen) im Bundesland Brandenburg für 30 Jahre (1981-2010) simuliert. MONICA ist ein dynamisches, prozessbasiertes Simulationsmodell, das in täglichen Zeitschritten die wichtigsten pflanzenwachstumsrelevanten Prozesse in Boden und Pflanze und deren Interaktion simulieren kann. Die detaillierte Modellbeschreibung ist in [MO18] zu finden. Für die Simulationen greift MONICA auf eine interne Datenbank mit Parametern für individuelle Ackerkulturen zurück. Diese Parameter wurden in mehreren Studien kalibriert und das Modell wurde umfangreich getestet (siehe z. B. [Ne11]; [Ne14]). Zusätzlich benötigt das Modell Information zum Boden, zum Wetter und zur Bewirtschaftung (Saat-, Dünge- und Erntetermine, Düngemenge etc.).

Für die Bodenparameter wurden Daten von der Karte „BÜK300“ (Bodengeologische Übersichtskarte im Maßstab 1 : 300.000) abgeleitet. Die BÜK300 ist eine digitale bodengeologische Karte für Brandenburg. In der substratspezifisch gegliederten Legende der BÜK300 werden 99 Einheiten dargestellt, in denen die Leitbodenformengesellschaften abgebildet sind. Die Leitbodenformengesellschaften enthalten 289 Flächenbodenformen, die mit chemischen und physikalischen Eigenschaften belegt wurden [BÜK07]. Die notwendigen Parameter für die Ertragssimulation wurden aus diesen Eigenschaften der Flächenbodenformen abgeleitet und MONICA zugeführt. Bei

den Berechnungen wurde möglicher Einfluss durch Grundwasser nicht berücksichtigt. Die grundwasserbeeinflussten Bodenformen sowie für Forst, Siedlung und Bauwirtschaft genutzte Bodenformen wurden daher nicht berücksichtigt. Abgeleitete Bodenparameter von allen anderen Flächenbodenformen wurden für die Simulation des Pflanzenwachstums von Winterweizen in Abhängigkeit von sieben N-Düngergaben (30-250 kg N/ha) herangezogen. Ab 60 kg N/ha wurden die N-Gaben geteilt, um praxisähnliche Düngestrategien abzubilden. Auf eine Teilung hoher Gaben in drei oder vier Teilgaben wurde jedoch verzichtet, um keine Artefakte der Düngestrategie zu provozieren. Für die Vermeidungskostenanalyse wurden die Ertragswirkungen von zwanzig Standorten mit den zehn höchsten und zehn niedrigsten Ertragspotenzialen gewählt.

Wetterdaten für die Simulationen wurden von der Station Potsdam des Deutschen Wetterdienstes (DWD) (1980-2010) entnommen. Als Saattermin wurde jeweils der 15. Oktober und als Erntetermin der 31. August festgelegt. Zwei Düngetermine wurden berücksichtigt und nach langjährigen Mittelwerten aus DWD-Phänologiedaten definiert. Für den ersten Düngetermin wurde der 25. März angenommen, für den zweiten Termin wurde der Beginn des Schossens für Winterweizen gesetzt (29. April).

Basierend auf den Simulationsergebnissen wurden standortspezifische Ertragsfunktionen als quadratisches Modell mit Plateau (SAS, Version 9.4) geschätzt. Diese Ertragsfunktion nimmt an, dass der Ertrag auf die N-Düngung nach dem Bodenertragsgesetz reagiert, also bis zu einem Plateau (Maximalertrag) mit abnehmender Zuwachsrate steigt, und auf dem Plateau verbleibt. Eine weitere Steigerung der N-Düngung führt in dieser Annahme jedoch nicht zu einer Ertragsabnahme.

2.2 Treibhausgasemissionen durch N-Düngereduktion

Die THG-Emissionen wurden partiell für N-düngerrelevante Emissionen nach [KM18] bilanziert. Diese beinhalten direkte und indirekte Lachgasemissionen, und die Emissionen, die bei der Herstellung der N-Dünger entstehen. Als mineralischer N-Dünger wurde die Verwendung von Kalkammonsalpeter (KAS) mit 27 % N-Gehalt angenommen, der in Brandenburg häufig verwendet wird. Es wurde außerdem angenommen, dass kein organischer Dünger auf Weizenfelder ausgebracht wurde und oberirdische Ernterückstände nach der Ernte von den Feldern entfernt wurden. Die Lachgasemissionen wurden gemäß der Richtlinie von *Intergovernmental Panel on Climate Change* [IPCC06] geschätzt. Die in dieser Studie berücksichtigten direkten Lachgasemissionen schlossen die Lachgasemissionen ein, die durch N-Mineralisation direkt aus dem Boden entstehen, wo der N-Dünger eingebracht wird. Die betrachteten indirekten Emissionen bestehen aus Lachgasemissionen durch Ausgasung, Auswaschung und Abfluss von N. Im Gesamten wurden 9,91 kg CO₂ä/kg N angerechnet. Für weitere Details siehe [KM18].

2.3 Wirtschaftlichkeit und Vermeidungskosten von Treibhausgasemissionen durch N-Düngerreduktion

Die N-Düngung wurde in Abhängigkeit vom standortspezifischen Maximalertrag (Plateau) in Abhängigkeit vom Entzug berechnet und diese als standortspezifische Höhe der N-Düngung im Basisszenario angenommen. Der Entzug wurde mit dem Faktor 0,022 kg N/kg Weizenantrag, abgeleitet von [HL16], kalkuliert. Damit wurde die N-kostenfreie Leistung als Marktleistung durch den erzielten Ertrag abzüglich der N-Düngererträge berechnet. Die Preise für Winterweizen und N-Dünger (KAS) wurden aus [HL16] entnommen. Um den Effekt der N-Düngerreduktion auf Wirtschaftlichkeit bzw. Vermeidungskosten untersuchen zu können, wurde in einem Szenario eine N-Düngerreduktion in Höhe von 10 kg N/ha von der jeweiligen Ausgangssituation simuliert. Die geschätzten Ertragsfunktionen anhand der MONICA-Simulationsergebnisse wurden für die Ertragswirkung auf die N-Düngerreduktion angewendet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Anhand des Pflanzenwachstumsmodells MONICA wurde die Ertragswirkung der N-Düngung simuliert (Abb. 1). Diese zeigte an produktiveren Standorten bereits bei niedrigen N-Düngemengen starken Ertragszuwachs. Nach etwa 160 kg N/ha Düngung wurde an diesen Standorten der Maximalertrag (das Plateau) erreicht. An Niedrigerertragsstandorten wurde das Plateau jedoch erwartungsgemäß erst mit höherer N-Düngung erreicht. Dieser Unterschied kann mit dem höheren N-Nachlieferungspotenzial der Böden an Hoherertragsstandorten erklärt werden.

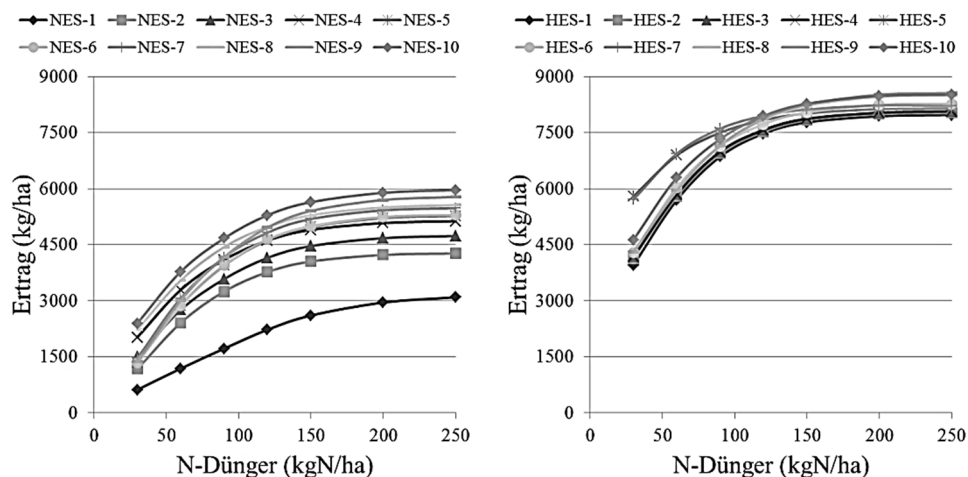


Abb. 1: Simulation der Ertragswirkungen durch N-Düngung mit dem Pflanzenwachstumsmodell MONICA an Niedrigerertragsstandorten (NES) und Hoherertragsstandorten (HES)

Die Untersuchungen zeigen, dass die Unterschiede der Ertragswirkungen zu unterschiedlichen Vermeidungskosten der THG-Emissionen aufgrund einer N-Düngerreduktion führen (Tab. 1). An Niedrigertragsstandorten wurden starke Ertragseinbußen (von 170 bis 250 kg/ha) gefunden. Dementsprechend hat die Düngereduktion zu geringeren N-kostenfreien Leistungen (18-31 €/ha Einkommensverlust) geführt. Daher sind die Kosten für THG-Vermeidung mit N-Düngerreduktion an Niedrigertragsstandorten entsprechend hoch (180-310 €/Mg CO₂ä). An Hohertragsstandorten war keine Ertragsänderung zu betrachten (Tab. 1). N-kostenfreie Leistungen haben zugenommen (10 €/ha), weil mit weniger N-Düngung dieselben Ertragshöhen erreicht wurden. Dadurch ergab die N-Düngerreduktion an diesen Standorten negative Vermeidungskosten.

	Basisszenario			Szenario: Düngereduktion 10 kg N/ha		
	N-Düngung (kg N/ha)	Ertrag (Mg/ha)	Nkfl (€/ha)	ΔErtrag (Mg/ha)	ΔNkfl (€/ha)	THG-VK (€/Mg CO ₂ ä)
NES	68 – 130	1,37 – 5,48	156 – 818	-0.17 – -0.25	-18 – -31	180 – 310
HES	174 – 187	7,82 – 8,46	1194 – 1297	0	10	-97

Tab. 1: Auswirkung der N-Düngerreduktion auf Erträge und N-kostenfreie Leistung (Nkfl), und dadurch entstehende Vermeidungskosten (VK) von Treibhausgasemissionen (THG)
NES: Niedrigertragsstandorte; HES: Hohertragsstandorte; Δ: Änderung

Moderate N-Düngerreduktion wurde in [KM18] als relativ günstige THG-Vermeidungsmaßnahme gefunden, wobei sie den Referenzpunkt für die N-Düngerreduktion als das *ex-post* berechnete ökonomische Optimum gelegt haben. Zum Düngezeitpunkt wird der genaue Verlauf der Ertragswirkung zu den Landwirten unbekannt, weil sich die Witterung auf diesen Verlauf jedes Jahr anders auswirken kann. In der Praxis wird die Ertragserwartung als Referenzpunkt gesetzt und dieser mit Ab- und Zufuhr des Stickstoffs im System für die Bestimmung der N-Düngung bilanziert. Allerdings zeigen unsere Ergebnisse, dass Überdüngung an Hohertragsstandorten und Unterdüngung an Niedrigertragsstandorten vorkommen können. Diese beeinflussen die Vermeidungskosten stark, da an Hohertragsstandorten am Plateau zu düngen ineffizient sein kann, bzw. an Niedrigertragsstandorten eventuell das ökonomische Optimum wegen umweltrechtlicher Begrenzungen nicht ausgeschöpft werden kann.

4 Fazit und Ausblick

N-Düngerreduktion kann eine kosteneffiziente THG-Vermeidungsoption sein, wenn sie nicht zu hohen Ertragseinbußen führt. Die Kosteneffizienz der THG-Vermeidung mit N-Düngerreduktion kann weiter verbessert werden, wenn standortspezifische komparative Kostenvorteile berücksichtigt werden, da eine gezielte standortspezifische N-Düngerreduktion die marginalen Kosten minimieren kann. Demzufolge kann z. B. eine optimale regionale N-Düngerreduktion für ein gemeinsames THG-Vermeidungsziel erzielt werden.

Außerdem kann N-Düngerreduktion positive Umweltwirkungen aufgrund verringerter Nitratauswaschung haben, was bislang überwiegend als die Hauptmotivation diesbezüglicher Politiken der N-Düngerreduktion verwendet wurde. Wenn das THG-Vermeidungspotenzial von der N-Düngerreduktion mit dem Potenzial der Nitratauswaschungsvermeidung mitberechnet werden kann, kann der Beitrag der N-Düngerreduktion zur Verringerung der externen Kosten der N-Düngung noch weiter steigen.

Literaturverzeichnis

- [BÜK07] Bodengeologische Übersichtskarte im Maßstab 1:300 000 (BÜK 300), Hergestellt unter Verwendung von digitalen Daten der BÜK 300 des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR), Kleinmachnow, 2007.
- [HL16] Hanff, H., Lau, H.: Datensammlung für die Betriebsplanung und die Betriebswirtschaftliche Bewertung Landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg, 7', Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg, Potsdam, 2016.
- [IPCC06] Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, 2006.
- [KM18] Karatay, Y. N., Meyer-Aurich, A.: A Model Approach for Yield-Zone-Specific Cost Estimation of Greenhouse Gas Mitigation by Nitrogen Fertilizer Reduction. *Sustainability*, 10(3), 710, 2018.
- [MO18] MONICA, The Model for Nitrogen and Carbon in Agro-ecosystems, <https://github.com/zalf-rpm/monica/wiki>, Stand: 01.12.2018.
- [Ne11] Nendel, C., Berg, M., Kersebaum, K. C., Mirschel, W., Specka, X., Wegehenkel, M., Wenkel, K.O., Wieland, R.: The MONICA model: Testing predictability for crop growth, soil moisture and nitrogen dynamics. *Ecological Modelling*, 222(9), 1614-1625, 2011.
- [Ne14] Nendel, C., Kersebaum, K. C., Mirschel, W., Wenkel, K. O.: Testing farm management options as climate change adaptation strategies using the MONICA model. *European Journal of Agronomy*, 52, 47-56, 2014.
- [RV09] Robertson, G.P.; Vitousek, P.M.: Nitrogen in agriculture: Balancing the cost of an essential resource. *Annual Review of Environment and Resources*, 34, 97-125, 2009.
- [Su11] Sutton, M.A.; Oenema, O.; Erisman, J.W.; Leip, A.; van Grinsven, H.; Winiwarter, W.: Too much of a good thing. *Nature*, 472, 159-161, 2011.

Software-Komponentenmodell für ein multikonnectives Maschinen-Kommunikationsmodul

Arndt Kritzner¹ und Jens Teichmann²

Abstract: Im Folgenden wird das Software-Systemkonzept eines Maschinen-Kommunikationsmoduls vorgestellt, das sowohl für Dokumentationszwecke als auch zur Fahrereinformation, für kooperative Mehrmaschinenarbeit und für maschinentechnische Belange Anwendung findet. Die verfügbaren Leistungsmerkmale und die in der Anwendung gesammelten Erfahrungen werden diskutiert.

Keywords: Kommunikationsmodul, Softwarestack, Mobile Edge Cloud

1 Ausgangssituation

Vor dem Hintergrund immer stärkerer Vernetzung und digitaler Verflechtung des Landmaschinenbetriebes müssen die Softwarebestandteile des Maschinen-Kommunikationsmoduls immer umfangreichere Aufgaben abbilden und Datenströme bewältigen. Kommunikationstechnisch finden aus stationären Installationen bekannte Technologien wie Ethernet und Webschnittstellen immer mehr Anwendung auf mobilen Maschinen [BM16]. Um den wachsenden Anforderungen herstellerübergreifend, flexibel und sicher gerecht zu werden, ist die Anwendung einer strukturierten Softwareumgebung mit für den landwirtschaftlichen Anwendungsfall optimierten Eigenschaften von Vorteil.

2 Anwendungskontext

Vom Maschinen-Kommunikationsmodul wird eine lokale Netzwerkzelle aufgebaut, in die über verschiedene verdrahtete und drahtlose Schnittstellen unterschiedliche Peripheriekomponenten und Teilnehmer der lokalen Umgebung auf dem Feld einbezogen werden. Im realen Praxisbetrieb kann von einer lückenlosen Mobilfunkabdeckung für die Kommunikation zu zentralen Cloud-Instanzen nicht ausgegangen werden. Deshalb muss ein wesentlicher Teil der Systemintelligenz lokal direkt vom Kommunikationsmodul bereitgestellt werden, um eine kontinuierliche Systemfunktion zu gewährleisten [HLJ16].

Aus den Verwendungszwecken der Daten ergeben sich zwei abzubildende Bereitstellungscharakteristiken:

¹ Logic Way GmbH, Hagenower Straße 73, 19061 Schwerin, kritzner@logicway.de

² TU Dresden, Professur für Agrarsystemtechnik, 01069 Dresden, teichmann@ast.mw.tu-dresden.de

- verzögerungsarme Bereitstellung von Momentanwerten als kontinuierlicher Datenstrom für mitlaufende Prozessinformationen. Aktualität hat Vorrang vor der Lückenlosigkeit der Übertragung.
- asynchrone Datenbereitstellung für nachlaufende Dokumentations-, Analyse- und Abrechnungszwecke. Die Lückenlosigkeit der übertragenen Daten ist maßgeblich und muss auf Empfängerseite überprüfbar sein.

Trotz eventuell momentan ausreichender Übertragungsbandbreite kommt der adaptiven Filterung von Dateninhalten eine entscheidende Bedeutung zu, um Übertragungsbandbreite, Datenverarbeitungsleistung und Kommunikationskosten sinnvoll zu begrenzen. Die Klassifikation der Relevanz bestimmter Datentelegramme ist dafür die Grundlage [Ed18].

3 Software-Komponentenmodell

Das Software-Systemkonzept eines herstellerübergreifenden Maschinen-Kommunikationsmoduls wurde so ausgelegt, dass sowohl Dokumentationszwecke als auch Momentanbelange wie Fahrerinformation und -interaktion, kooperative Mehrmaschinenarbeit und maschinentechnische Unterstützung abgebildet werden können.

Die Softwarekomponenten decken anwendungsneutral alle technischen Erfordernisse der Datenerfassung und -kommunikation ab und stellen ebenfalls eine repräsentative Auswahl an logischen Bausteinen für typische Aufgabenstellungen im landwirtschaftlichen Technikeinsatz zur Verfügung.

Die Aufteilung der Softwarekomponenten (Tab. 1) wurde in vier Schichten vorgenommen, die über ZeroMQ-Datensammelschienen untereinander verknüpft sind.

Die Basisfunktion „nachlaufender Datentransfer“ wird bereits in der Sachdienste-Schicht abgebildet und ist nicht auf zusätzliche Apps angewiesen.

Die Softwareinstallation des Kommunikationsmoduls basiert auf einem speziell konfigurierten Linux-Grundsystem mit einer Zusammenstellung generischer Komponenten, auf die eine Schicht speziell für den landwirtschaftlichen Kontext entwickelter anwendungsübergreifender Bausteine aufsetzt. Die darüber liegende Schicht der anwendungsfallbezogenen „Apps“ wird über eine Struktur aus ZeroMQ-Datensammelschienen und Sockets mit Maschinendaten versorgt. Für die Globalkommunikation zu Cloud-Instanzen wird eine Kommunikationskomponente („Gatekeeper“) eingesetzt, die die Gesamtkommunikation über als zulässig vorgegebene Verbindungen abwickelt. Für die Fahrerinformation und -interaktion über ein Smart Terminal wird ein lokaler Webserver mit serverseitigem Lua- und clientseitigem Javascript und dem Web-Framework JQuery bereitgestellt. Webfähige Peripheriekomponenten greifen über REST-Schnittstellen auf die gleiche Serverinstanz zu. Über den vom Kommunikationsmodul

bereitgestellten DNS-Nameservice wird für mehrere virtuelle Hosts ein einheitlicher URL-Namensraum aufgespannt.

Logische Schicht	Funktionalität	Komponenten (Auswahl)
Systemdienste	Bereitstellung und Vereinheitlichung des Zugangs zu physikalischen Schnittstellen (CAN, GNSS, LAN, WLAN, WAN etc.)	cansocket, gpsd, Nginx, sshd, DNS, DHCP, NATS Server, Azure SDK, Sqlite, libCurl etc.
Sachdienste	Bereitstellung wiederverwendbarer Basisfunktionalität mit logisch-dateninhaltlichem Bezug zum eigentlichen Produktivprozess (Datenkonzentration, Filterung, Warteschlangenmanagement, digitales Umgebungsmodell, Authentifikation, asynchroner Datentransfer)	DCS (Datenkonsolidierungsdienst), PlugSense/ISOplug (Anbaugeräteerkennung), SiteSense (Umfeldabbildung), AsyncTransfer, SmartTerminal, SiFiLib (Situations-Fingerprinting) etc.
Sachanwendungen (Apps)	Anwendungsfallbezogene Programmbestandteile (z. B. Logistik, Abrechnung, Nachverfolgung, Firmware-Management, Service-Zugang, Parametrierung)	
Datenlink	Management der Verbindungen zwischen Apps und Cloud-Instanzen unter Berücksichtigung der vorgegebenen Kommunikationsreglementierung	GateKeeper

Tab. 1: Softwareschichten und deren Ökosystem

Die Kommunikationskomponente „GateKeeper“ kommuniziert über HTTP/REST bzw. MQTT (zusätzlich AMQP zu Microsoft Azure) mit Zugangspunkten in der Cloud. Die GateKeeper-Kommunikation kann per Konfiguration auf eine Liste von erlaubten Cloud-seitigen Kommunikationsendpunkten eingeschränkt werden. In dieser weißen Liste nicht vorgesehene Kommunikation wird über den hinterlegten Standard-Kommunikationsendpunkt umgeleitet und kann dort weiterverteilt und ggf. abgerechnet werden

4 Anwendungsübergreifende Funktionalität

Die Vielfalt der umsetzbaren Anwendungsfälle im landwirtschaftlichen Produktionsprozess nutzt in hohem Maße dieselben Mechanismen und deshalb

zweckmäßigerweise auch dieselben Softwareressourcen. Die im Software-Komponentenmodell angeordneten wiederverwendbaren Funktionsblöcke für Datentransport, -aggregation, -filterung, Umgebungsmodellbildung und ein Interaktionsterminal können deshalb einen wesentlichen Teil fast aller Anwendungsfall-Lösungen bilden, der dann jeweils nur noch um eine spezielle, relativ leichtgewichtige Anwendungslogik ergänzt werden muss. Nutzerprofilabhängige Datenströme können so effizient erzeugt werden.

Um redundante Datenkommunikation zu vermeiden, sind in grundlegenden Datenaggregationsdiensten in der vom Modul bereitgestellten Mobile Edge Cloud bereits relevanzadaptive Filtermechanismen für Geo- und Sachdaten verfügbar, die die wiederholte Übertragung gleicher oder zu ähnlicher Dateninhalte wirksam reduzieren. Über unterschiedliche Kommunikationsmechanismen werden Prozesse mit unterschiedlichen Echtzeitanforderungen bedient.

5 Codeeffizienz

Die Umsetzung einer strukturierten Softwareumgebung mit definierten Schnittstellen und Interprozess-Kommunikationsmechanismen führt, solange nur ein einziger Anwendungszweck verfolgt wird, zu erhöhtem Programmieraufwand und Codeumfang. Durch die Wiederverwendbarkeit der Funktionsbausteine für unterschiedliche Anwendungsaufgaben kehrt sich dieser Nachteil allerdings schnell um, das einzelne Codesegment wird besser ausgelastet und vorhandener Funktionsumfang wird parallel für unterschiedliche Anwendungszwecke genutzt [Gö98].

Für den Datenfluss von der physikalischen Schnittstelle – beispielsweise CAN-Bus – bis zur Übertragung der Daten zum Cloud-Service werden in der gewählten Architektur 3 bis 5 Interprozess-Schnittstellen passiert. Auf die Einzelanwendung betrachtet entfallen ca. 10-20 % des Funktionsumfangs auf Schnittstellenfunktionalität. Bereits durch die Verwendung desselben Funktionsbausteins für zwei Anwendungsaufgaben wird eine kompaktere Umsetzung gegenüber durchgehender Implementierung innerhalb einer Anwendung erreicht.

6 Sicherheit, Testbarkeit

Die Zerlegung der Gesamtfunktionalität in logische Blöcke, die über definierte Schnittstellen kommunizieren (ZeroMQ, Sockets, MQTT, REST), ermöglicht die feingranulare Reglementierung von Anwendungsberechtigungen bereits mit Betriebssystemmitteln (SE-Linux). Die klar abgegrenzte Funktionalität pro Block bietet andererseits die Möglichkeit, den Funktionsumfang mit hoher Abdeckung separat zu testen und dadurch das regelkonforme Funktionieren zu gewährleisten. Die im planmäßigen Betrieb genutzten Schnittstellen bilden dabei auch die Einleitungs- und Abgreifpunkte für Teststimulation und Ergebnisüberprüfung.

Die Gerätesicherheit der Datenverarbeitung auf dem Kommunikationsmodul stützt sich auf eine X509-Public-Key-Infrastruktur und die grundsätzliche Verwendung verschlüsselter Verbindungen in der IP-Kommunikation über Gerätegrenzen hinweg. Alle sicherheitsrelevanten Merkmale werden dabei im Inbetriebnahmeablauf vom Modul selbst erzeugt und sind unikat.

Für die Durchsetzung von Datensicherheit und gleichzeitige sachbezogene automatisierte Authentifikation von Datenabgabe-Anfragen wird Situations-Fingerprinting als Bibliothek zur Verfügung gestellt [KT18]. Die Modellierung des Zusammenwirkens unterschiedlicher Akteure und Geräte auf dem Feld kann dadurch in hohem Maße automatisiert stattfinden, wobei durch feingranulare Datenportionierung auch nur der tatsächlich sachbezogen veranlasste Datenausschnitt ausgetauscht wird.

7 Anwendbarkeit

Bisher umgesetzte Anwendungsfälle umfassen beispielsweise Dokumentationszwecke, Maschinenbetriebsüberwachung und Service-Unterstützung ebenso wie Firmware-Update-Management für das Maschinengespann.

Naheliegender ist die Umsetzung von Anwendungsfällen aus den Bereichen Feld- und Transportlogistik, Maschinenbetrieboptimierung, Entscheidungsunterstützung, Produktnachverfolgung, Aufgabenplanung und weiteren, die ebenfalls zweckmäßigerweise größere Funktionsblöcke in das dargestellte Komponentenmodell auslagern könnten.



Abb. 1: Maschinen-Kommunikationsmodul, auf dem der Softwarestack implementiert und erprobt wurde (CPU: ARM Cortex A8, 2xCAN, LAN, LTE, Buildroot Linux)

8 Konkrete Referenzumsetzung

Das beschriebene Software-Komponentensystem für ein in Landmaschinen genutztes Kommunikationsmodul wurde in Betrieb genommen und bereits im Feld für eine Ernteperiode mit mehreren Maschinen erprobt. In dieser Phase wurden Daten von Mähreschern, Feldhäckslern, Traktoren, LKWs und Güllefahrzeugen erfasst und aufbereitet.

Zur Einbindung in die Bordelektronik und Kommunikationsstrukturen von Landmaschinen verfügt das in Abb. 1 gezeigte Kommunikationsmodul über eine intelligente Platinensteuerung, die Zündungssignal und alle internen Stromschienen überwacht sowie das Latentenergie-Management übernimmt. Der Inhalt des Latentenergiespeichers wird genutzt, um bei abruptem Stromversorgungsverlust noch einen geordneten Systemabschluss durchzuführen.

9 Ausblick

Bisher wurde die beschriebene Software-Komponentenstruktur im produktiven Dauerbetrieb, allerdings nur im Rahmen wissenschaftlich-technischer Forschungsvorhaben eingesetzt [Do18] [Bi18]. Um Anwendungshemmnisse zu beseitigen und eine breitere Nutzung zu stimulieren, werden die Komponenten als Open Source Software entwickelt.

Für nichtkommerzielle Verwendung ist die Nutzung kostenlos.

Literaturverzeichnis

- [Bi18] Forschungsprojekt „BiDa-LaP“, www.bidalap.de, Stand: 06.12.2018.
- [BM16] BMEL: Tier und Technik, Landwirtschaft verstehen, Im Fokus: Chancen der Digitalisierung, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, S. 8 ff., 2016.
- [Do18] Forschungsprojekt „DoHLe“, www.dohle-tnt.de, Stand: 06.12.2018.
- [Ed18] Edge Computing Task Group: Introduction to Edge Computing in IIoT, Edge Computing Task Group, S. 6 ff., 2018.
- [Gö98] Göhner, P.: Komponentenbasierte Entwicklung von Automatisierungssystemen. In: GMA-Kongress Mess- und Automatisierungstechnik. VDI-VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik, Ludwigsburg, 1998.
- [HLJ16] Heidrich, M.; Luo; Jijun, J.: Industrial Internet of Things: Referenzarchitektur für die Kommunikation, Fraunhofer ESK, S. 19 ff., 2016.
- [KT18] Kritzner, A.; Teichmann, J.: „Situations-Fingerabdruck“ - Verwaltungsstrukturübergreifendes automatisiertes Berechtigungsmanagement für landwirtschaftliche Daten nach sachbezogenen Kriterien. In: 38. GIL-Jahrestagung. Gesellschaft für Informatik e.V., Kiel, S. 143-146, 2018.

Vulnerability Assessment in the Smart Farming Infrastructure through Cyberattacks

Sebastian Linsner¹, Rashmi Varma¹ and Christian Reuter¹

Abstract: The Internet of Things (IoT) has a significant impact on agriculture. So-called Smart Farming uses drones and a variety of sensors to measure climate, irrigation, soil moisture or GPS position. With this rapid influx of technology increases the threat that vulnerabilities in those technologies are being exploited for malicious intent. To show the impact of cyberattacks on agriculture, we present a simulation of several attacks on a ZigBee-based wireless sensor network. We conduct a delay attack, an interference attack and three different routing attacks (sinkhole, blackhole and selective forwarding attack). Those attacks are simulated using NETA with the OMNET++ framework. We will show that the security of WSN is influenced by factors like energy consumption or computation power, which can conflict with other interests like low per-unit costs.

Keywords: Smart Farming; Precision Agriculture; Vulnerability Assessment; Internet of Things; Wireless Sensor Network

1 Introduction

Facing the growth of the world's population, the production of food needs to be optimized. One promising approach is called Precision Agriculture or Smart Farming (SF). SF is the use of IT with agricultural principles, taking spatial and temporal variability into account through data collection in the agricultural production process. The collected data helps to minimize potential production risks emerging from environmental parameters and human actions, contributing to create adequate conditions for sustainable agriculture. In line with our vision of resilient smart farming [Re19, Re18], this paper investigates the impact of Wireless Sensor Networks (WSN) on agriculture and which risks arise from vulnerabilities in this technology. Therefore, the central research question is: *Why should farmers invest in security when using WSN?*

WSN provide detailed information about relevant factors for crop growth and health. Sensor nodes can measure the moisture and structure of the ground, evaluate leaf color or detect parasites. This allows farmers to plan agricultural processes like irrigation or fertilization more precisely and increase the yield of their farms. However, these processes rely on the correctness of the aggregated data. Therefore, the security of WSN is crucial for effective Smart Farming. To demonstrate this, attacks are simulated and their consequences on agriculture are highlighted.

¹ Technische Universität Darmstadt, Science and Technology for Peace and Security (PEASEC), [linsner|reuter]@peasec.tu-darmstadt.de; www.peasec.de

2 Background

In the context of agriculture, several requirements of WSN are even more crucial than in other IoT-related contexts. A WSN deployed in the fields of a farm needs to provide a sufficient coverage of the whole area. The nodes should be placed in a way that provides resilience towards the failing of single sensors. This leads to increased costs for farmers. Therefore, the nodes should be designed in a way that ensures a long lifetime to prevent additional costs. One criterion for this is low energy consumption: the battery-powered nodes should use energy efficient algorithms and a low communication range to ensure a longer lifespan.

Further requirements arise from the context of smart farming: all data should be available in real-time because crops are very sensitive to environmental influences. An example for this is irrigation: too intense or too spare irrigation results in lower crop quality or the loss of the whole harvest, while optimal irrigation reduces the wastage of water and energy. One problem arising from that requirement is the propagation loss of sensor data due to crop density. A dense vegetation can interrupt the radio signals and lead to packet loss. This must be modeled with adequate loss models [Le06, Ra16]. A more serious problem in this context is the threat of attacks [Lu09]. If an attacker is able to manipulate the sensor data or the network traffic, the crops could be destroyed. This is not only a monetary loss for the farmer but also a threat for society if those attacks are conducted on a large scale. Therefore, it is necessary to expand the security research on WSN further into the domain of agriculture and point out consequences of cyber attacks.

The requirements listed above can stand in conflict with each other. For example, the need for low energy consumption conflicts with security. The wireless traffic can easily be monitored if it is not encrypted. The process of encryption improves security but reduces the battery lifespan. Therefore, hardware manufacturers have to make compromises regarding different requirements. Using the example of the ZigBee-Protocol [ZA12], we show that insecure settings can lead to serious vulnerabilities. If ZigBee is operated in standard security mode, an attacker can insert malicious nodes after eavesdropping the network-key, which is transferred in plaintext over the network. This can be achieved with tools like KillerBee [Wr09]. Even more dangerous is physical access to the nodes. An attacker can extract software and secret keys stored in the hardware [Wa05]. This scenario is very likely in the context of agriculture because the nodes are installed on the fields and the standard key delivered with the firmware is often not changed. Those vulnerabilities are considered for the simulation of attacks in section 3.

The following is assumed for the simulation: the attacker can exploit the vulnerabilities stated above. By eavesdropping the network-key, a malicious node can be inserted into the network. The attacker has physical access to the devices in the field and is able to steal keys and compromise the software. The device of the attacker has more computation power than the nodes in the network and has no constraint regarding energy.

Three metrics are considered as relevant: The **throughput** describes the ratio of successfully received packages in relation to the number of sent packages in the network. The **end-to-end delay** is the time that one package needs to reach the destination after it is sent. This is a very crucial metric because of the real-time requirement of WSN in agriculture. Therefore, packages must reach their destination before the pre-defined timeout or the package will be resent. The third metric that is considered is the **power consumption**. This describes the amount of power needed by a node to process and forward a package to the destination. As stated above, this amount must be very low to ensure a long lifespan of the node.

To conduct the attack two tools were used: OMNET++ is an open-source framework to simulate networks. On top of that, NETA was used to simulate network attacks. NETA extends the OMNET++ data structures, enabling the definition of compromised nodes.

3 Simulation of Attacks

The simulation is based on two different scenarios. First, we consider a star topology. All nodes communicate directly with the network controller. The nodes send packages every 30 seconds before entering sleep mode to reduce energy consumption. This setup is used for the delay attack and the interference attack. For the routing attacks, we use a mesh topology with six sensor nodes to simulate package propagation in the network.

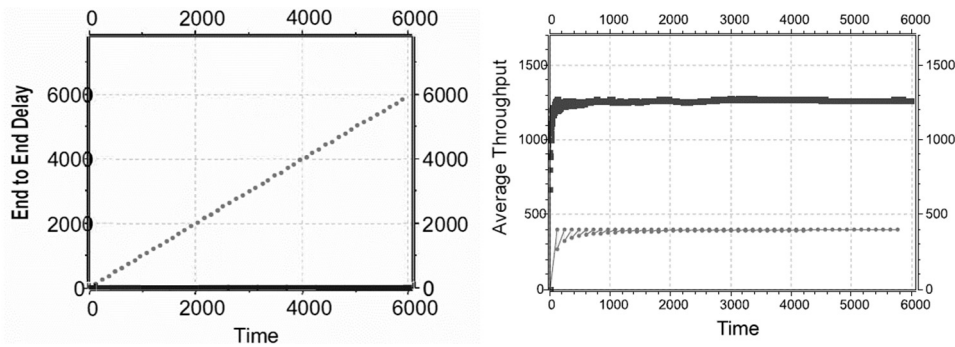


Fig. 1: Results of the Delay Attack: on the left: the end-to-end delay of the packages. On the right: throughput of the WSN in the baseline condition (black curve) and under attack (gray curve)

Attacks on the Star Topology. Delay Attack: during the simulation, it was assumed that the attacker was able to capture the controller of the WSN and is delaying every packet routed through it by 60 seconds. Due to the fact that packets are considered as lost after retransmitting them thrice, the congestion in the buffer of the controller leads to packet loss. Therefore, the throughput decreased rapidly to about one-third of the baseline throughput, while the end-to-end delay increased linearly over time (see Fig. 1). This attack can lead to the malfunction of the whole system: required sensor data is not available,

and control signals get lost. In the context of Smart Farming, the wrong setup of machines poses a threat to the crops.

Interference Attack: similar to the Delay Attack, we assume that the controller of the network has been captured by the attacker. The interference attack is conducted by flooding the network with irrelevant packages so that data from the nodes in the field will be dropped due to network overload. The higher computation power compared to the nodes allows the attacker to keep the communication channel busy. Besides the threats resulting from data loss, another negative effect occurs: due to the traffic overhead in the network, the energy consumption increases. This can cause a shorter lifespan of agricultural nodes and therefore increased costs for farmers.

The delay attack and the interference attack allow the attacker to drop packages randomly. Specific attacks on target devices can be conducted with routing attacks [MAJ11].

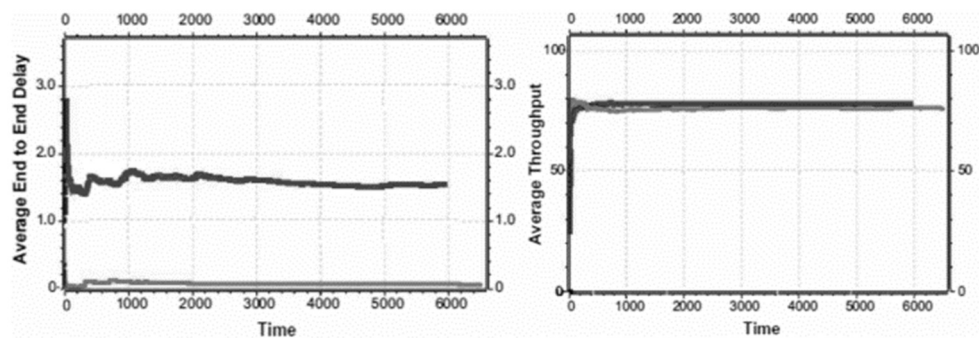


Fig. 2: Results of the Sinkhole Attack: on the left: the end-to-end delay of the packages in the baseline condition (gray curve) and under attack (black curve). On the right: throughput of the WSN in the baseline condition (gray curve) and under attack (black curve)

Routing Attacks in a Mesh Topology: in the setup with the mesh topology, one malicious node infiltrates the network to conduct routing attacks. We present three different attacks: the sinkhole attack is used to reroute the traffic in the network. On top of that, the blackhole or the selective forwarding attack can be used to manipulate the traffic.

Sinkhole Attack: to conduct a sinkhole attack, the attacker inserts a malicious node into the network which pretends to have the shortest path to the destination. Therefore, all traffic will be routed over this specific node. This allows the attacker to get access to all information propagated in the network. Because of the longer route through the network, the end-to-end delay is increased significantly, but as shown in Fig. 2, the throughput is not affected. Another effect of this attack is the increased consumption of energy. This can cause a shorter lifespan of the nodes and therefore increased costs for farmers.

Blackhole Attack: this attack pattern is based on a sinkhole attack. After attracting all traffic of the network, all packages are dropped. Therefore, the throughput of the network is

reduced to zero. This attack is easy to detect, but before it is stopped, no data or control signals can be transmitted. This is a severe harm to the continuation of the business. In agriculture, only short timespans for critical events like sowing or harvest exist. Sensor data is used to detect the optimal point of time for harvest. When a blackout attack is conducted during this period of time, serious damage can be caused.

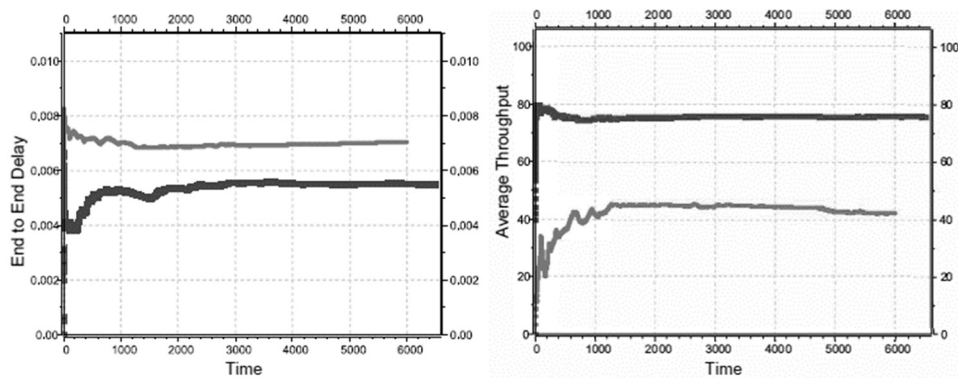


Fig. 3: Results of the Selective Forwarding Attack: on the left: the end-to-end delay of the packages in the baseline condition (black curve) and under attack (gray curve). On the right: throughput of the WSN in the baseline condition (black curve) and under attack (gray curve)

Selective Forwarding Attack: to avoid detection, a more sophisticated attack can be launched. Instead of dropping all traffic, only some packages are dropped. This is called a selective forwarding attack or grayhole attack. In our simulation, packages are dropped randomly with a probability of 0.5. The results are shown in Fig. 3. In our scenario, the attack is easily detected. The reason for this is the high drop probability. By choosing lower probabilities, this attack becomes harder to detect. Considering the fact that a sink-hole attack has to be conducted in preparation for a selective forwarding attack, the attacker knows all the traffic routed through the network. An analysis of this data allows an identification of different types of data packages and their purpose when the traffic is not encrypted. Therefore, the attacker can identify different devices and conduct a very precise attack by dropping only the control data for one specific device. Because such an attack is harder to detect, it can cause serious harm over a longer period of time.

4 Conclusion

Conflicting requirements regarding WSN in agriculture can pose security risks when farmers are not aware of the impact of cyberattacks and use insecure modes of operation. Security measures as encryption can diminish the risks, but result in higher costs for the farmers. More nodes are needed to provide redundancy and the software-based security mechanisms consume more power, resulting in a shorter lifespan for the hardware. This conflicts with the farmers' interest to keep the costs low. Smart Farming helps them to

maximize the yield of their farms by controlling the environmental parameters and assisting farmers to make decisions. However, this way farmers become dependent on the correctness of the received data. As shown above, insecure standard modes and insecure keys allow attackers to infiltrate the system and manipulate the traffic. For example, important data can be dropped to prevent that warnings are generated when parasites are detected, or control data for the irrigation system is blocked to cause harm to the crops. Farmers need to develop awareness for those risks to operate their WSN correctly and benefit from this technology. Facing the possible damage resulting from cyberattacks in the real world, both for the business of the farmers as well as for societies depending on food production, farmers should invest in security measures allowing for resilient smart farming [Re19].

Acknowledgements: Geobox-I was supported by funds of the German Government's Special Purpose Fund held at Landwirtschaftliche Rentenbank. HyServ (01IS17030B) was supported by the German Federal Ministry for Education and Research (BMBF).

Literature

- [Le06] Lee, J. et al.: Distributed and energy-efficient target localization and tracking in wireless sensor networks. *Comput. Commun.* 29/13-14, S. 2494-2505, 2006.
- [Lu09] Lupu, T.-G. et al.: Main Types of Attacks in Wireless Sensor Networks. In: WSEAS international conference. In: *Proc. WSEAS International Conference: Recent advances in computer engineering*, S. 180-185, 2009.
- [MAJ11] Mohammadi, A.; Atani, R.E.; Jadidoleslami, H.: A Comparison of Routing Attacks on Wireless Sensor Networks. *J Information Assurance and Security* 6, S. 195-215, 2011.
- [Ra16] Raheemah, A. et al.: New empirical path loss model for wireless sensor networks in mango greenhouses. *Comput. Electron. Agric.* 127, S. 553-560, 2016.
- [Re18] Reuter, C. et al.: Resiliente Digitalisierung der kritischen Infrastruktur Landwirtschaft - mobil, dezentral, ausfallsicher. In: (Dachselt, R.; Weber, G., Hrsg.): *Mensch und Computer 2018: Workshopband*. GI, Dresden, S. 623-632, 2018.
- [Re19] Reuter, C. et al.: Resilient Smart Farming (RSF) – Nutzung digitaler Technologien in krisensicherer Infrastruktur. In *Proc. 39th Annual conference of GIL: Digitalisierung für landwirtschaftliche Betriebe in kleinstrukturierten Regionen - ein Widerspruch in sich?*, Vienna 2019.
- [Wa05] Wang, X. et al.: Search-based physical attacks in sensor networks: Modeling and defense. In: *14th Int. Conf. Computer Communications and Networks*, S. 489-496, 2005.
- [Wr09] Wright, J.: *KillerBee: Practical Zigbee Exploitation Framework*. In: *11th Toorcon Conference*, San Diego, 2009.
- [ZA12] ZigBee Alliance, Inc.: ZigBee specification document 053474r20, 19.09.2012. <http://www.zigbee.org/wp-content/uploads/2014/11/docs-05-3474-20-0csg-zigbee-specification.pdf>, Stand 03.12.2018.

„Digitale Zwillinge“ als Werkzeug für die Entwicklung von Feldrobotern in landwirtschaftlichen Prozessen

Andreas Linz¹, Joachim Hertzberg², Jan Roters¹ und Arno Ruckelshausen¹

Abstract: Die hohe Komplexität von feldbasierten Prozessen im landwirtschaftlichen Pflanzenbau stellt hinsichtlich der Variabilität der Pflanzen, des Bodens, der Technologien, des Umfeldes und zahlreicher Störgrößen erhebliche Anforderungen an die Entwicklung robuster Technologien. Simulationen spezifischer Aspekte unterstützen diese Entwicklungen seit vielen Jahren. Eine ganzheitliche Simulation des landwirtschaftlichen Prozesses – sozusagen ein „Digitaler Zwilling“ – unter Integration möglichst vieler der aufgeführten Einflussgrößen birgt dabei ein erhebliches Potenzial, insbesondere kann der Einfluss einzelner Größen auf den Gesamtprozess für die Fehleranalyse, den Service oder Neuentwicklungen verwendet werden. Weiterhin stellt die Kopplung der Simulationen mit den realen Systemen eine wichtige Schnittstelle für kurze Entwicklungszyklen und den Transfer von Forschungsergebnissen in die Praxis dar. In dieser Arbeit werden drei Beispiele „Digitaler Zwillinge“ im landwirtschaftlichen Kontext vorgestellt.

Keywords: Digitaler Zwilling, Feldroboter, Simulation, Gazebo, ROS.

1 Einleitung

Ein „Digitaler Zwilling“ stellt die Repräsentation eines realen Objektes in der digitalen Welt dar, wobei es unerheblich ist, ob dieses tatsächlich schon existiert. Folglich kann das Objekt immateriell sein und schon vor dem Aufbau in einer simulierten Umgebung entwickelt und getestet werden. Der Begriff „Digitaler Zwilling“ wurde stark durch „Industrie 4.0“ geprägt und wird in erster Linie mit Digitalisierung und Prozessoptimierungen der Wertschöpfungskette meist großer Unternehmen in Verbindung gebracht [Br18]. Hier können Gesamtprozesse bis zur SPS-Ebene simuliert und konzipiert werden, und das, wie oben schon erwähnt, ohne eine bereits existierende Anlage. In der Industrie, im täglichen Leben und in vielen anderen Bereichen, wie z. B. Automotive, werden KI (Künstliche Intelligenz) und vollautonome Vorgänge in naher Zukunft eine immer größere Rolle spielen. An dieser Stelle kann der „Digitale Zwilling“ sein volles Potenzial entfalten. Autonome Prozesse, die man aus Sicherheitsgründen in einer realen Umgebung nicht testen kann, werden in eine Simulation ausgelagert. Hierbei ist es möglich, materielle und digitalisierte Objekte zu mischen. Als Beispiel kann eine reale Kamera Bilder liefern, die

¹ Hochschule Osnabrück, Competence Center of Applied Agricultural Engineering COALA, 49076 Osnabrück, a.linz@hs-osnabrueck.de, jan.roters@hs-osnabrueck.de, a.ruckelshausen@hs-osnabrueck.de

² Universität Osnabrück und DFKI Robotics Innovation Center, Außenstelle Osnabrück, 49076 Osnabrück, joachim.hertzberg@uos.de

dann bei einem auf dem Computer simulierten Fahrzeug mit Hilfe einer Objekterkennung eine Aktion auslöst.

Auch im landwirtschaftlichen Kontext liegen die Vorteile auf der Hand. Es können nicht nur autonome Prozesse im Sinne einer Navigation schon im Voraus auf dem Computer ausgeführt werden, vielmehr ist es auch möglich, das Verhalten von Sensoren und deren Signale in der Simulation auszuwerten [Re18], um somit bestimmte Sensortechnologien für spezielle Einsatzbereiche besser bewerten zu können. Des Weiteren können landwirtschaftliche Prozesse, wie z. B. der Pflanzenschutz [Li17] oder die Phänotypisierung [TKR12] ohne aufwändige Feldversuche getestet und beurteilt werden.

Das Konzept ist nicht neu, konnte aber erst in den letzten Jahren dank höherer Rechnerleistungen und schnellerer Grafikkarten wirkungsvoll umgesetzt werden. Da in vielen Fällen eine 3D-Simulation erwünscht ist, bedienen sich einige Projekte bei der Spieleindustrie, die schon früh 3D-Umgebungen entwickelt hat. Eine beliebte Umgebung ist die „Unreal Engine“, die eine offene Schnittstelle besitzt und eigenen Bedürfnissen angepasst werden kann [CS16]. Gazebo [KH04] ist ebenfalls eine 3D-Simulationsumgebung inklusive „Physical Engines“, die auf Open-Source-Lizenzen basiert und speziell für den Robotikbereich entwickelt wurde. Einen hohen Beliebtheitsgrad erfährt der Simulator unter anderem durch die Möglichkeit, ihn direkt über eine definierte Schnittstelle in das Robotik-Framework ROS (**R**obot **O**perating **S**ystem) einzubinden. An der Hochschule und der Universität Osnabrück wird diese Kombination intensiv im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte und Studentenwettbewerbe genutzt. Beispiele hierfür sind ein Feldroboter zur Phänotypisierung (BoniRob [Ru09]), ein Roboter für Pflegemaßnahmen im Obst- und Weinbau (elWObot [Li14]) sowie Roboter für die Studentenwettbewerbe „Field Robot Event“ [Wa18] und „SICK Robot Day“.

2 Material und Methoden

2.1 3D-Simulationsumgebung Gazebo

Die 3D-Simulationsumgebung Gazebo ist aktuell (Oktober 2018) in der Version 9.0 erhältlich und wird standardmäßig mit der „Physical Engine“ ODE (**O**pen **D**ynamics **E**ngine) kompiliert. Falls diese für die eigenen Bedürfnisse nicht ausreicht, können alternativ die Open Source Engines „Bullet“, „Simbody“ oder „DART“ in Form von Plugins geladen werden. Das XML-Beschreibungsformat „SDF“ bietet die Möglichkeit, mit Hilfe von „Links“ und „Joints“ nahezu jedes Robotermodell zu kreieren. Für alle drei der hier beschriebenen Modelle wird der Verbindungstyp (Joint) „continuous“ genutzt, um Räder zu modellieren. Dieser Typ rotiert ohne Limit um eine Achse. Bei den Fahrzeugmodellen mit Lenkung werden zusätzliche rotierende Verbindungen mit Limit (revolute) verwendet. Das Beschreibungsformat erlaubt es auch, Reibungsfaktoren anzugeben, die für eine realitätsnahe Simulation unter Einbeziehung des Schlupfes

unentbehrlich sind. Zum Robotermodell kann dann noch eine entsprechende Umgebung mit Objekten, wie z. B. Straßen, Bäumen oder Gebäuden, erstellt werden. Was aus Gazebo ein wirklich schlagkräftiges Werkzeug macht, ist die Option, diverse Sensortypen von Laserscannern über Kameras bis zu 3D-Sensoren zu modellieren. Um die erzeugten Sensordaten weiterzuverarbeiten und Steuerbefehle an die Modelle zu senden, wird das Framework ROS über eine Plug-in Schnittstelle angebunden.

2.2 Framework ROS und OpenCV

ROS ist, wie der Name eigentlich vermuten lässt, kein Betriebssystem. Vielmehr handelt es sich um eine Middleware und eine große Sammlung von Software-Tools speziell für den Robotikbereich. Aktuell wird das Framework von der OSRF (**O**pen **S**ource **R**obotics **F**oundation) gepflegt und unter Open-Source-Lizenzen veröffentlicht. Das Grundgerüst stellt eine standardisierte Kommunikationsebene zum Austausch von Daten verteilter Systeme dar. Genau dieser Punkt macht das Framework extrem flexibel und bietet einer großen Community die Möglichkeit, Software zu veröffentlichen und auszutauschen. Auch die Industrie (z. B. Bosch, siehe [Ru09]) hat diese Plattform für sich entdeckt und steuert eigene Tools dazu bei. Die Kommunikation wird über einen „Master“ abgewickelt, der den Datenaustausch in Form von Nachrichten (Messages) unter verschiedenen Prozessen (Nodes) organisiert. Es spielt also keine Rolle, ob die Daten aus einer Simulationsumgebung oder einer realen Umgebung, z. B. einem Laserscanner, stammen. Somit können in der Simulationsumgebung Gazebo entwickelte Algorithmen direkt auf einer Hardware implementiert werden und vice versa.

OpenCV ist eine Open-Source-Programmbibliothek (BSD-Lizenz) für die Bildverarbeitung. Die ursprünglich von Intel veröffentlichte Software wurde lange Zeit von der *Willow Garage* gepflegt, welche unter anderem das an der Stanford-University entstandene ROS bis 2009 weiterentwickelt hat. Aus diesem Grund ist OpenCV im Framework ROS sehr gut integriert. Die Integration ist naheliegend, da ein großer Teil der erzeugten Sensordaten bildgebend ist [Ku17]. Die Bibliothek ist indirekt wieder in der Hand von Intel und wird stetig weiterentwickelt und optimiert. Die bildgebenden Daten müssen nicht zwangsweise von einer Kamera stammen, sie können auch von einem Laserscanner erzeugt werden, der keine Pixelintensitäten liefert, sondern Abstände und deren Positionen in einer Ebene. Da immer mehr Sensoren 3D-Informationen erzeugen, wurde unabhängig von OpenCV die Programmbibliothek PCL (**P**oint **C**loud **L**ibrary) [Wi13] speziell für die Verarbeitung von 3D-Punktwolken entwickelt. Auch diese ist sehr gut in ROS integriert.

3 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden drei Feldroboter für unterschiedliche landwirtschaftliche Anwendungen vorgestellt. Jede Plattform ist materiell vorhanden und besitzt einen „Digitalen Zwilling“. Der Fokus liegt hierbei auf der Entwicklung und Optimierung einer

sensorbasierten autonomen Navigation. Mit entsprechendem Aufwand lassen sich aber auch viele auf dem Feld auszuführende Prozesse zusätzlich abbilden. Beispiele hierfür sind, wie oben schon erwähnt, die Phänotypisierung und der Pflanzenschutz.

3.1 BoniRob (Bonitur-Roboter)

Die Feldroboterplattform BoniRob (Abb. 1a. u. 1b.) wurde von der Hochschule Osnabrück mit den Projektpartnern „Amazonen-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG“ und der „Robert Bosch GmbH“ für die Pflanzenbonitur in Mais entwickelt. Da das Konzept modular gehalten ist, können unterschiedliche „Apps“ eingesetzt werden. Die Steuerungssoftware wurde größtenteils von Bosch entwickelt und basiert auf ROS. In einer Masterarbeit [Ro18] konnten erstmals kooperative Prozesse zweier Plattformen in der Simulation und auf dem Feld dargestellt werden. BoniRob Nr. 1 misst in Mais unter Verwendung eines „Hyperspectral Imaging Systems“ nicht-invasiv den Wassergehalt der Pflanzen und gibt diese Information inklusive der Position an BoniRob Nr. 2 weiter, der die Pflanzen dann analog dazu bewässert.

3.2 The Great Cornholio

Der Feldroboter Cornholio (Abb. 2c. u. 2d.) wurde von Studierenden für den Studentenwettbewerb „Field Robot Event“ entwickelt und basiert auf der vom Fraunhofer-Institut IAI konzipierten Plattform VolksBot. Vorrangige Aufgabe beim „Field Robot Event“ ist das autonome Navigieren durch Mais, inklusive der Wende am Ende der Reihe.

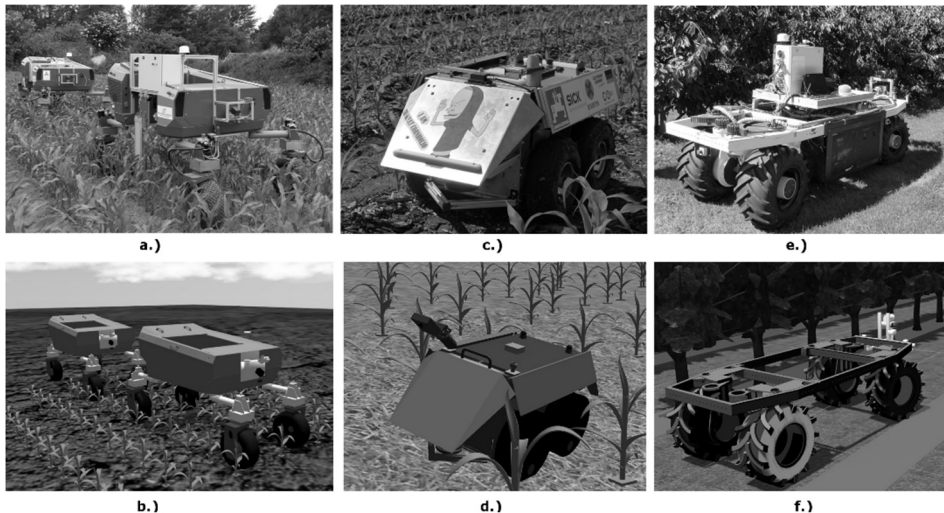


Abb. 1: a.) BoniRob 1 u. 2 b.) BoniRob 1 u. 2 – Digitale Zwillinge c.) Cornholio d.) Cornholio – Digitaler Zwilling e.) elWobot f.) elWobot – Digitaler Zwilling

Da der Boden auf dem Feld in der Regel nicht eben ist, und das Fahrzeug entsprechend nicken kann, geben Sensoren wie z. B. Laserscanner Signale zurück, die dann falsch interpretiert werden. Genau diese Effekte wurden mit dem „Digitalen Zwilling“ in der Simulation ausgiebig getestet, um dann die Algorithmen entsprechend anzupassen. Die Herausforderung ist hier, einen realitätsnahen Untergrund in der Simulation zu erzeugen.

3.3 elWObot (elektrisch angetriebener Wein- und Obstbau Roboter)

elWObot (Abb. 1e. u. 1f.) wurde zusammen mit Partnern aus Hochschule und Industrie entwickelt. Die Applikation „Pflanzenschutz im Obst- und Weinbau“ beinhaltet die autonome Navigation der Plattform sowie das Abtasten der Laubwand und die gezielte Ansteuerung der Spritzvorrichtung. Da die Plattform und die Spritze an unterschiedlichen Orten entwickelt und erst am Ende des Projektes zusammengefügt wurden, konnten die Navigation, die Laubwandabtastung und die Planung nur in einer Simulation als Gesamtprozess getestet werden. Im Speziellen das Erfassen der Laubwand mit einem vertikal ausgerichteten Laserscanner wurde komplett in der Simulation erstellt und dann erst auf einer Obstplantage erprobt.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Das Konzept des digitalen Zwillings wurde im Bereich der Feldrobotik für verschiedene Anwendungsfälle mit unterschiedlichen Systemen umgesetzt. Die entsprechenden Softwareumgebungen werden sowohl in Forschungs- und Entwicklungsprojekten als auch in studentischen Projekten genutzt. Die durchaus aufwändige Einarbeitung in die komplexen Softwareumgebungen wird durch eine Reihe von Vorteilen belohnt. Die Simulationsumgebungen haben sich zu einer der am stärksten praxisorientierten Technologien entwickelt, da die Software direkt auf die Hardware umgesetzt werden kann. Angesichts einer Vielzahl variabler Feldsituationen können durch die Simulationen erhebliche Erfahrungen zur Vorbereitung selektiver Feldexperimente gewonnen werden. Beispiele sind die Auswahl und Positionierung von Sensorsystemen, und der Einfluss von Störgrößen oder Latenzzeiten. Darüber hinaus bieten sich durch die Nutzung des digitalen Zwillings mit seinem modularen Charakter sehr gute Möglichkeiten zur gemeinsamen Entwicklung von Technologien in Forschungsnetzwerken von Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen an.

Danksagung: Die Förderung der Vorhaben „BoniRob“ und „elWObot“ erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen der Innovationsförderung.

Literaturverzeichnis

- [Br18] Bracht, U.: Digitale Fabrik. Methoden und Praxisbeispiele. VDI-Buch. Springer Berlin Heidelberg, 2018.
- [CS16] Collins, T.; Shen, W.-M.: Rebots. A drag-and-drop high-performance simulator for modular and self-reconfigurable robots, ISI Technical Reports, 2016.
- [KH04] Koenig, N.; Howard, A.: Design and use paradigms for gazebo, an open-source multi-robot simulator. In 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (IEEE Cat. No.04CH37566), Sendai, Japan, 2149-2154, 2004.
- [Ku17] Kubinger, W.; Peschak, B.; Wöber, W.; and Sulz, C.: Bildgebende Sensorsysteme für robotische Systeme in der Agrar- und Landtechnik. Elektrotech. Inftech. 6, 3, 5; 2017.
- [Li14] Linz, A.; Hertzberg, J.; Ruckelshausen, A.; Wunder, E.: Autonomous Service Robots For Orchards And Vineyards: 3D Simulation Environment Of Multi Sensor-Based Navigation And Applications, In 12th International Conference on Precision Agriculture, Sacramento, CA, USA, 2014.
- [Li17] Linz, A.; Brunner, D.; Fehrman, J.; Herlitzius, T.; Keicher, R.; Ruckelshausen, A.; Schwarz, H.-P.: Modelling environment for an electrical driven selective sprayer robot in orchards, In Proceedings of the 11th European Conference on Precision Agriculture. Advances in Animal Bioscience 8(2), S. 848-853, 2017.
- [Re18] Redenius, J.; Dingwerth, M.; Hertzberg, J.; Ruckelshausen, A.: Simulation von Laserscannern in Pflanzenbeständen für die Entwicklung umfeldbasierter Funktionen. In Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. Fokus: Digitale Marktplätze und Plattformen: Referate der 38. GIL-Jahrestagung, 26.-27. Februar 2018 in Kiel, Germany, A. Ruckelshausen and A. Meyer-Aurich, Eds. Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), Bonn, S. 195-198, 2018.
- [Ro18] Roters, J.: Kooperative Prozesse mit dem autonomen Feldroboter BoniRob am Beispiel der selektiven Bewässerung von Mais, Masterarbeit, Hochschule Osnabrück, 2018.
- [Ru09] Ruckelshausen, A.; Biber, P.; Dorna, M.; Gremmes, H.; Klose, R.; Linz, A.; Rahe, F.; Resch, R.; Thiel, M.; Trautz, D.; Weiss, U.: BoniRob – an autonomous field robot platform for individual plant phenotyping. In Proceedings of the 7th European Conference on Precision Agriculture (ECPA), Wageningen Academic Publishers, S. 317-318, 2009.
- [TKR12] Tsukor, V.; Klose, R.; Ruckelshausen, A.: Multi-sensor simulation method for outdoor plant phenotyping based on autonomous field robots, In Proceedings International Conference of Agricultural Engineering-CIGR-AgEng 2012, Valencia, S. 55-60, 2012.
- [Wa18] Waghorn Christopher: FIELD ROBOT EVENT PROCEEDINGS 2017 15th Ed. Proceeding, Harper Adams University, 2018.
- [Wi13] Wiemann, T.; Annuth, H.; Lingemann, K.; Hertzberg, J.: An evaluation of open source surface reconstruction software for robotic applications. In 16th International Conference on Advanced Robotics (ICAR), 25-29, Montevideo, Uruguay. IEEE, Piscataway, NJ, 1-7, 2013

Ableitung des teilflächenspezifischen Kornertrags von Getreide aus Reflexionsdaten

Franz-Xaver Maidl¹, Andreas Spicker¹, Andreas Weng¹ und Kurt-Jürgen Hülsbergen¹

Abstract: In 14-jährigen Parzellenversuchen zu Winterweizen mit differenzierter Stickstoffdüngung und verschiedenen Sorten wurden zu vier Terminen die oberirdische Biomasse und die Stickstoffaufnahme bestimmt. Darüber hinaus wurden zu den gleichen Terminen die Pflanzenreflexion erfasst und aus diesen Daten verschiedene Vegetationsindices berechnet. Es wurde versucht, aus diesen Daten den Kornertrag zu schätzen. Manche Vegetationsindices (z. B. NDVI) zeigten eine nur mäßige Beziehung zum Kornertrag, während andere Vegetationsindices (z. B. REIP, SR1) sehr gute Beziehungen zeigten. Die Beziehung Vegetationsindex und Kornertrag unterlag jedoch großen Jahrgangsschwankungen, so dass eine Ableitung des absoluten Kornertrags mit großen Unsicherheiten behaftet ist. Die Ableitung relativer Kornerträge und damit die Abgrenzung von Ertragspotenzialzonen war jedoch mit hoher Genauigkeit möglich. Bei Kenntnis des absoluten Kornertrags für den Schlag kann so über den Relativertrag der Teilflächen auf deren absoluten Kornertrag geschlossen werden.

Keywords: Ertragsermittlung, Teilschlag, Pflanzenreflexion, Vegetationsindices

1 Einleitung und Problemstellung

Um den Erfolg einer Produktionsweise im Pflanzenbau abschätzen zu können bzw. das Produktionsverfahren zu optimieren, ist es wichtig, den Ertrag zu kennen. Bisher wird der Ertrag in der Regel über die Fuhrwerkswaage für den gesamten Schlag erfasst. Mit zunehmender Schlaggröße und dem Streben nach weiterer Optimierung gewinnt die Abgrenzung von Managementzonen zunehmend an Bedeutung. Die Abgrenzung von Managementzonen erfolgt entweder über Bodenkarten oder über die teilflächenspezifische Ertragserfassung.

Am meisten verbreitet ist die lokale Ertragsermittlung mit dem Mähdrescher. Hierbei gibt es eine Reihe von Fehlerquellen, wie Schnittbreite, Fahrgeschwindigkeit und Fehler des Systems, u. a. Geschwindigkeit und Position werden ausreichend genau erfasst [No03]. Die Fehler bei der Durchsatzmessung liegen bei 3 %, können jedoch bis auf 10 % ansteigen [Re02]. Die größten Fehler ergeben sich durch Abweichungen in der Schnittbreite [St03]. Für ganze Schläge ist die Abweichung gering, je kleiner der Teilschlag, desto größer die Abweichung, wie Vergleichsmessungen von Groß- und Parzellenmähdrescher zeigten [Ba04]. Im Unterschied zu diesen Verfahren können Ertragsschätzungen auch schon vor dem Zeitpunkt der Ernte getroffen werden. Eine

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Liesel-Beckmann-Str. 2, 85354 Freising, maidl@wzw.tum.de

Möglichkeit hierzu bieten Satellitendaten bzw. Satellitendaten in Kombination mit meteorologischen Daten und einem Wachstumsmodell [Ha05].

Zur Bestimmung des Biomasseaufwuchses, des Stickstoffstatus und zur Phänotypisierung von Pflanzenbeständen werden immer mehr mit großem Erfolg Reflexionsdaten verwendet [Li03], [Sc07], [Sp08]. In dieser Arbeit sollten daher die Möglichkeiten der reflexionsoptischen Erfassung des Kornertrags von Getreide vor dessen Ernte untersucht werden.

2 Material und Methoden

Die Datengrundlage bilden Parzellenversuche zu Winterweizen, welche in den Jahren 2003 bis 2017 auf den Versuchstationen der Technischen Universität München in Dürnast und Roggenstein durchgeführt wurden. Es handelt sich einerseits um Stickstoffsteigerungsversuche mit 15 bis 20 N-Stufen und um Sortenversuche mit vier bis fünf Sorten in Kombination mit vier N-Stufen. Beide Versuchsserien waren stets in vierfacher Wiederholung und als Doppelparzellen angelegt. Eine der Doppelparzellen diente der Gewinnung von Biomasseproben und der Bestimmung der Stickstoffaufnahme zu vier Terminen (BBCH 30, BBCH 32, BBCH 49 und BBCH 65), während an der anderen Parzelle, zu den gleichen Terminen, die Reflexionsmessungen und die Ernte mit dem Parzellenmährescher durchgeführt wurden.

Die Reflexionsmessungen wurden mit einem 2-Kanal-Handspektrometer der Fa. tec5 durchgeführt. Der Messbereich liegt bei 350 bis 980 nm, mit einer Auflösung von 2,8 nm. Aus diesen Reflexionswerten wurden verschiedene Vegetationsindices errechnet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Bestimmtheitsmaße der Regressionsrechnungen zwischen dem Kornertrag und den zu verschiedenen EC-Stadien ermittelten Parametern oberirdische Biomasse, N-Aufnahme in der oberirdischen Biomasse sowie einigen Vegetationsindices aus Reflexionsmessungen sind in Tabelle 1 dargestellt. In frühen EC-Stadien errechneten sich zu allen Parametern sehr niedrige Bestimmtheitsmaße zum Kornertrag, während mit fortschreitender Vegetationsperiode eine entsprechende Zunahme festzustellen war. Die Ursache der niedrigen Bestimmtheitsmaße in frühen EBCH-Stadien ist in der langen Zeitspanne zwischen Messung und Kornernte zu sehen, in welcher viele Ereignisse (Witterung, Nährstoffverfügbarkeit, Krankheitsbefall, u. a.) sowohl positiv als auch negativ auf den Ertrag wirken können. Die Bedeutung der N-Aufnahme war zu jedem Entwicklungsstadium größer als die der Biomasse (Tab. 1). Zwischen den Vegetationsindices REIP sowie SR1 und dem Kornertrag wurden stets die höchsten Bestimmtheitsmaße errechnet. Der Index NDVI war stets erheblich schwächer. Die

Ursache hierfür ist in dem hohen Sättigungseffekt des NDVI auf Standorten mit hohen Kornerträgen zu suchen [St18]. Mit Bestimmtheitsmaßen von ca. 0,6 für REIP und SR1 können jedoch keine zuverlässigen Werte für den Kornertrag geschätzt werden. In einzelnen Jahren durchgeführte Reflexionsmessungen nach BBCH 65 zeigten noch niedrigere R^2 -Werte, was in der zunehmenden Seneszenz der Pflanzen begründet sein dürfte.

BBCH	Biomasse	N-Aufnahme	REIP	NDVI	SR1
30	0,22	0,35	0,39	0,18	0,35
32	0,31	0,37	0,46	0,21	0,41
49	0,38	0,41	0,53	0,22	0,47
65	0,46	0,57	0,61	0,37	0,57

Tab. 1: Bestimmtheitsmaße (R^2) der Regressionsrechnungen Biomasse, N-Aufnahme sowie der Vegetationsindices REIP, SR1 und NDVI von BBCH 30 bis BBCH 65 zum Kornertrag

Die Verrechnung jähriger Versuchsdaten erbrachte für alle Parameter zu BBCH 49-65 sehr hohe Bestimmtheitsmaße zum Kornertrag. Für die Vegetationsindices REIP und SR1 errechneten sich stets Bestimmtheitsmaße von 0,80 bis 0,94 (nicht dargestellt). Die Regressionsgleichungen zwischen den Jahren zeigten jedoch erhebliche Abweichungen. Zwei Ursachen dürften hierfür verantwortlich sein. Eine Ursache dürfte in der unterschiedlichen Ausprägung der Ertragsstrukturparameter für ein- und denselben Kornertrag in verschiedenen Jahren zu sehen sein. Eine weitere Ursache ist im unterschiedlichen Wachstum zwischen den Jahren der Zeit der Blüte (BBCH 65) und der Kornreife zu sehen.

BBCH	Biomasse	N-Aufnahme	REIP	NDVI	SR1
49	0,60	0,66	0,85	0,65	0,67
65	0,62	0,68	0,86	0,68	0,86

Tab. 2: Bestimmtheitsmaße (R^2) der Regressionsrechnungen der Relativwerte von Biomasse, N-Aufnahme sowie der Vegetationsindices REIP, SR1 und NDVI zu BBCH 49 und BBCH 65 zum relativen Kornertrag

Zur Umgehung dieser Problematik wurden alle erhobenen Daten in Relativwerte für die Jahre bzw. Standorte umgerechnet und mit diesen Daten die entsprechenden Regressionsanalysen durchgeführt. Tabelle 2 zeigt die Bestimmtheitsmaße zwischen den untersuchten Parametern und dem Kornertrag für die Entwicklungsstadien BBCH 49 und BBCH 65 für die Relativwerte. Es ist festzustellen, für alle Parameter errechneten sich um 0,2 bis 0,3 höhere Bestimmtheitsmaße als bei absoluter Betrachtung. Die R^2 -Werte von 0,86 bzw. 0,88 für die Vegetationsindices SR1 und REIP zu BBCH 65 und dem relativen Kornertrag können als sehr hoch betrachtet werden. Dies bedeutet mit Reflexionsmessungen lassen sich die unterschiedlichen Ertragsbereiche innerhalb eines Schlags zum Zeitpunkt Mitte Blüte sehr exakt abgrenzen. Bei Kenntnis des absoluten Ertrags für den Gesamtschlag lässt sich auf diese Weise eine exakte Ertragskarte mit absoluten Werten erstellen.

4 Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war, aus Reflexionsdaten von Weizen auf den Kornertrag zu schließen, um teilflächenspezifische Ertragspotenzialkarten zu generieren. Einige Vegetationsindices zeigten schlechte, andere hingegen gute Beziehungen zum Kornertrag. Das Bestimmtheitsmaß zwischen Vegetationsindex und Kornertrag nahm erwartungsgemäß mit abnehmender Zeitspanne zwischen Reflexionsmessung und Ernte zu. Der späteste Termin der Reflexionsmessung wurde Mitte Blüte (BBCH 65) durchgeführt. Die Beziehungen waren in Einzeljahren eng, unterschieden sich zwischen den Jahren stark. Aus diesem Grunde wurde ein Verfahren der Schätzung des relativen Kornertrags entwickelt. Bei Kenntnis des Gesamtertrags für den Schlag kann so auf den teilflächenspezifischen Ertrag geschlossen werden.

Literaturverzeichnis

- [No03] Noack, P.H., Muhr, T. and Demmel, M.: An Algorithm for Automatic Detection and Elimination of Defective Yield Date. In: *Prec. Agriculture '03: Proc. 4th Europ Conf Prec Agri.* 2003, pp. 445-450.
- [Re02] Reyns, P., Missotten, B., Ramon, H., De Baerdemaeker, J.: *A Review of combine Sensors for Precision Farming.* Precision Agriculture. Springer Science, 2002.
- [St02] Steinmayr, T.: Fehleranalyse und Fehlerkorrektur bei der lokalen Ertragsermittlung im Mähdescher zur Ableitung eines standardisierten Algorithmus für die Ertragskartierung. Dissertation Techn. Universität München, 2002.
- [Ba07] Bachmeier, M.: Using a robust variogram find a adequate butterfly neighborhood size for one-step yield mapping using robust fitting paraboloid cones. *Prc. Agric.* Vol 8, No 1-2, 2007, pp. 75-99.
- [Ha01] Hagemester, A.: Informationsgehalt von ERS-1/-2 SAR-Daten zur Erfassung der Arteninventare und des Zustandes landwirtschaftlich genutzter Böden und Vegetation. Dissertation Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, 2001.
- [Li03] Liebler, J.: Feldspektroskopische Messungen zur Ermittlung des Stickstoffstatus von Winterweizen und Mais auf heterogenen Schlägen. Dissertation Techn. Universität München, 2003.
- [Sc06] Schmid, A.: Erfassung des aktuellen Stickstoffstatus von Kulturpflanzen mit berührungsloser Sensorik zur Optimierung der teilflächenspezifischen Bestandesführung. Dissertation Techn. Universität München, 2006.
- [Sp16] Spicker, A.: Entwicklung von Verfahren der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung zu Wintergerste und Winterraps auf Grundlage reflexionsoptischer Messungen. Dissertation Techn. Universität München, 2016.
- [St18] Strenner, M., Maidl, F.-X., Hülsbergen, K.-J.: Nitrogen Sensing by Using Spectral Reflectance measurements in Cereal Rye Canopy. *Proc. 14th Int. Conf. Prec. Agric.*, 2018.

Akzelerometer-basierte Erfassung von Basisverhalten zur Verbesserung von Tiergesundheit, Tierwohl und Herdenmanagement

Kristina Maschat^{1,2}, Laura Lidauer³, Alexandra Berger³, Magdalena Sigler³,
Thomas Potrusil³, Wolfgang Auer³, Maciej Oczak¹, Johannes Baumgartner¹,
José Maria Chapa-Gonzalez^{2,4}, Marc Drillich⁴ und Michael Iwersen⁴

Abstract: Der Zwiespalt aus wachsender Tierzahl und limitierten zeitlichen und ökonomischen Ressourcen einerseits sowie der Forderung der Gesellschaft nach Transparenz der Lebensmittelproduktion und Tierwohl andererseits verlangt nach neuen Methoden der permanenten Tier- und Gesundheitsüberwachung. Im Rahmen der beschriebenen Studie wird das Tierverhalten als Indikator für Gesundheit, Wohlbefinden und Qualität des Herdenmanagements bei Rindern und Schweinen herangezogen. Es wird untersucht, ob anhand von Algorithmen, die Daten von am Ohr fixierten Beschleunigungssensoren verarbeiten, Basisaktivitäten realitätsgetreu und in Echtzeit erfasst werden können. In einem weiteren Schritt wird getestet, ob diese Art der automatisierten Tierbeobachtung sensitiv genug ist, um management- und umweltbedingte Verhaltensänderungen zu detektieren, die gegebenenfalls einen Hinweis auf die Verbesserung oder Verschlechterung der Tiergesundheit und des Tierwohls durch das vorangehende Ereignis geben können. Die in dieser Studie erzielten Ergebnisse sollen zur weiteren Verfeinerung des Tiergesundheitsmonitorings von Nutztierbeständen auf Einzeltier- und Bestandsebene genutzt werden.

Keywords: Precision Livestock Farming, Sensortechnik, automatisierte Verhaltensbeobachtung, Herdenmanagement, Tiergesundheitsindikatoren, Tierwohlintikatoren, Nutztiere

1 Einleitung

Weltweit setzt sich der Trend einer abnehmenden Anzahl von Nutztierbeständen bei gleichzeitig steigendem Viehbesatz der in der Produktion verbleibenden Betriebe fort. Heutige Produktionsbedingungen sind generell durch stärker variierende Erzeugerpreise und geringere Gewinnmargen gekennzeichnet, die eine effiziente Produktionsweise erfordern. Der überproportionale Anstieg von Arbeiterledigungskosten im Vergleich zu Kapitalkosten führt, neben anderen Faktoren, zu einer zunehmenden Automatisierung von landwirtschaftlichen Produktionsabläufen. Diese „Precision Livestock

¹ Vetmeduni Vienna, Institut für Tierhaltung und Tierschutz, Veterinärplatz 1, A-1210 Wien, maciej.oczak@vetmeduni.ac.at, johannes.baumgartner@vetmeduni.ac.at

² FFoQSI GmbH, Technopark 1C, A-3430 Tulln, kristina.maschat@ffoqsi.at, josem.chapa@ffoqsi.at

³ Smartbow GmbH, Jutogasse 3, A-4675 Weibern, laura.lidauer@zoetis.com, alexandra.berger@zoetis.com, magdalena.sigler@zoetis.com, thomas.potrusil@zoetis.com, wolfgang.auer@zoetis.com

⁴ Vetmeduni Vienna, Universitätsklinik für Wiederkäuer, Abteilung Bestandsbetreuung, Veterinärplatz 1, A-1210 Wien, michael.iwersen@vetmeduni.ac.at, marc.drillich@vetmeduni.ac.at

Farming“(PLF)-Technologien, die die Anwendung moderner Informations- und Computertechnologien für ein Echtzeit-Monitoring und -Management von Tieren ermöglichen [NB17], werden derzeit vornehmlich zur Optimierung von Arbeitsabläufen, Gesundheitsüberwachung der Tiere, Qualitätssicherung der Produkte sowie zur Verbesserung der Ressourceneffizienz genutzt.

Neben dem Einfluss der veränderten ökonomischen Rahmenbedingungen werden landwirtschaftliche Produktionsabläufe, insbesondere im Bereich der Tierhaltung, in den letzten Jahren zunehmend kritischer von Verbraucherseite hinterfragt: Stand früher die Sicherung der Nahrungsmittelproduktion im Vordergrund, so finden sich heute eine Vielzahl von Verbraucher-Strömungen, wie beispielsweise die Forderung nach einem verminderten Arzneimitteleinsatz, einer ökologischen Tierhaltung sowie nach einem gesteigerten Tierwohl. Der Einsatz von Precision-Livestock-Farming-Technologien ermöglicht es, Ressourcen optimiert einzusetzen und Risikofaktoren in der Produktionskette frühzeitig zu identifizieren, sodass Erkrankungen weitestgehend vermieden und das Tierwohl weiter gesteigert werden kann. Precision Livestock Farming kann folglich einen Beitrag dazu leisten, das oftmals beschriebene Spannungsfeld zwischen effizienter Tierproduktion, Tiergesundheit und Verbraucheransprüchen zu überbrücken, um letztendlich auch die Zufriedenheit von LandwirtInnen und TierärztInnen zu steigern. Zusätzlich können diese Technologien nützliche Tools für die Beurteilung des Tierwohls darstellen, die sich einerseits an validierten Methoden des „Welfare Assessments“ (z. B. Welfare Quality, [We09]) orientieren, andererseits, jedoch im Gegensatz zu diesen, die Möglichkeit zur kontinuierlichen, automatisierten und objektivierte Datenerfassung bieten und nicht nur eine Momentaufnahme eines Beobachters zu einem bestimmten Zeitpunkt widerspiegeln.

Der zuvor beschriebene, innovative Ansatz zur Überwachung der Tiergesundheit wird als Teilprojekt im Austrian Competence Centre for „Feed and Food Quality, Safety and Innovation“ (FFoQSI) bearbeitet. Im Rahmen des Projektes soll unter anderem getestet werden, ob ein am Ohr fixierter dreidimensionaler Beschleunigungssensor (SMARTBOW, Smartbow GmbH, Weibers Österreich) in der Lage ist, das Basisverhalten (z. B. Stehen, Liegen, Futteraufnahme) von Rindern und Schweinen in Echtzeit und unter verschiedenen Umweltbedingungen zu erkennen. Das SMARTBOW-System ist zum Einsatz in Rinderbeständen kommerziell erhältlich und wird im Schweinebereich ausschließlich für Forschungsfragestellungen eingesetzt. Ein ähnliches PLF-System wird u. a. von CowManager B.V. (SensOor©) zur Verfügung gestellt. Die valide Erfassung der Basisaktivitäten ist die Grundlage für zukünftige Forschungsfragestellungen, die darauf abzielen, das Tierwohl im Allgemeinen und im Speziellen die im „Welfare Quality Protokoll“ [We09] dargelegten Prinzipien zur Erhebung des Tierwohls „good feeding“, „good housing“, „good health“ und „appropriate behaviour“ zu verbessern. Der Einfluss unbefriedigter Grundbedürfnisse auf das Basisverhalten ist vielfältig. Beispielsweise kann sich Hunger in aktiver Nahrungssuche und folglich in einer vermehrten Fortbewegung äußern [Ve12]. Kühe mit

vorliegender Ketose zeigen hingegen einen Rückgang im Futteraufnahmeverhalten [Go08]. Bei Sauen kann das Nestbauverhalten kurz vor der Geburt durch das Anbieten von Nestbaumaterialien modifiziert werden. So zeigen sich Sauen in dieser hochsensiblen Phase bei Zugang zu Stroh aktiver und führen mehr Wühlverhalten aus als Sauen ohne Zugang zu Stroh [Th99]. Durch die im Rahmen des Projektes angestrebte Automatisierung der Erhebung von Basisaktivitäten sollen physiologische und pathologische Verhaltensmerkmale auf Einzeltier- und Gruppenebene frühzeitig erkannt und Schwachstellen im Herdenmanagement und in Tierwohlaspekten identifiziert werden. Dies erfolgt einerseits durch die Ergänzung und Verfeinerung von Algorithmen bereits evaluierter Parameter des bestehenden Produktes im Rinderbereich (z. B. Tieraktivität, Wiederkauen, Lokalisierung), andererseits durch die Entwicklung neuer Algorithmen für die Anwendung bei Schweinen.

2 Material und Methoden

2.1 Allgemeines zur Entwicklung von PLF-Technologien

Von der Erhebung der Rohdaten bis zur Anwendung von Echtzeit-Algorithmen in der Praxis sind verschiedene, aneinandergereihte Arbeitsschritte notwendig: (1) Identifikation der Schlüsselvariablen und des „Goldstandards“, (2) Festlegen der Versuchsanordnung und Installation des Equipments, (3) Datensammlung und Erhebung nach validierten Methoden, (4) Algorithmenentwicklung und -verfeinerung, (5) Testung der Algorithmen unter Feldbedingungen, (6) Implementierung der Algorithmen in das PLF-System.

Schlüsselvariablen sind Merkmals- und Zielvariablen. Eine Merkmalsvariable wird in einem Datenverarbeitungsschritt anhand der tierindividuellen, in Echtzeit aufgezeichneten Rohdaten (im Projekt die 3D-Beschleunigungswerte der SMARTBOW Ohrmarke) berechnet und stellt den Output der primären Algorithmenentwicklung dar (Abb. 1). Sie dient als verbindendes Element zwischen Felddaten und der Zielvariable und kann gegebenenfalls als frühzeitig detektierbarer Indikator eingesetzt werden. Abhängig von der Fragestellung können beispielsweise Basisaktivitäten als Merkmalsvariablen definiert werden. Die Zielvariable stellt den direkten Bezug zum eigentlichen Ergebnis der Algorithmenentwicklung her. Beispielsweise kann eine Algorithmusentwicklung zur Lahmheitserkennung erfolgen, bei der die „Lahmheit“ als Zielvariable definiert wird und „Stehen“ und „Liegen“ als Merkmalsvariablen dienen. Als „Goldstandard“ wird eine gängige, wissenschaftlich anerkannte Messmethode zur Quantifizierung der Zielvariable bezeichnet [Be13]. Für die Erkennung von Lahmheit werden validierte Methoden des Lahmheitsscorings als Goldstandard herangezogen. Die Erhebung der Felddaten, in PLF auch „Biosignale“ genannt, erfolgt einerseits kontinuierlich und direkt am Tier, im Fall des SMARTBOW-Systems am Ohr. Andererseits müssen als Ausgangspunkt der Algorithmenentwicklung auch manuell, z.B. anhand von Video- oder Bildaufnahmen erhobene Referenzdaten herangezogen werden.

Bei der anschließenden Algorithmenentwicklung wird jedes Tier als sogenanntes „CITD-System“ behandelt. CITD steht für “complex”, “individually different”, “time-varying” und “dynamic” [Qu06]). Mathematische Modellierungstechniken, die hierbei zum Einsatz kommen, umfassen Signalverarbeitung, Zeitreihenanalyse, Systemidentifizierung und maschinelles Lernen. Im Folgenden wird der Entwicklungsprozess im Rahmen des FFOQSI-Projektes dargestellt.

2.2 Über Felddaten zur Merkmalsvariablen

Im Vorfeld wurden die Basisaktivitäten „Stehen“, „Liegen“ und „Wiederkäuaktivität“ und zusätzlich beim Schwein „Sitzen“, „Liegen in Seitenlage“ und „Liegen in Brustlage“ als Merkmalsvariablen festgelegt. Die Erhebung der Rohdaten für die Algorithmenentwicklung wird im Rinder- und Schweinestall der VetFarm der Veterinärmedizinischen Universität Wien vorgenommen. Hierzu wurde der gesamte Rinderstall und im Schweinebereich die Produktionseinheiten Warte-, Abferkel- und Test-/Maststall mit dem SMARTBOW-System ausgestattet. Gleichzeitig wurde in beiden Betriebsteilen ein digitales Videosystem installiert, sodass Referenzdaten über Videoanalyse gewonnen werden können, die bei der Algorithmenentwicklung mit den Beschleunigungsdaten verglichen werden. Beide Systeme werden dazu regelmäßig über einen externen Server zeitsynchronisiert. Zugleich werden genaue Aufzeichnungen über Management- (z. B. Einstreuen der Liegefläche, Durchführen von Klauenpflege) und Umweltfaktoren (z. B. stallklimatische Bedingungen) mit potenziellem Einfluss auf die Merkmalsvariablen sowie zur Tiergesundheit geführt. Bei den Rindern wird im Speziellen auf die Fütterung eingegangen. Hierbei werden regelmäßig Futteraufnahmemenge und Fütterungszeiten erfasst und die Zusammensetzung der Futtermischung analysiert. Umstallen und Abgänge von Tieren werden erfasst. Weiterhin werden auch gezielt Haltungsbedingungen mit Relevanz in der Tierwohldebatte modifiziert, um eine Änderung des Verhaltens der Tiere hervorzurufen, die im Idealfall zuverlässig über die kreierte Algorithmen erkannt werden sollen. Beispielsweise werden bei den Mastschweinen Buchtenbesatz, Bodenverhältnisse und Beschäftigungsmaterial nach einer vordefinierten Versuchsanordnung alterniert.

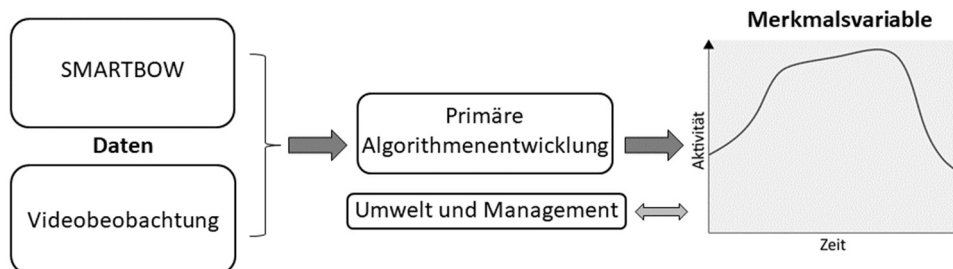


Abb. 1: Entwicklungsschritte der automatisierten Detektion einer Merkmalsvariablen (Aktivität)

2.3 Von der Merkmalsvariablen zur Zielvariablen

Zusätzlich zu den zuvor erwähnten äußeren Parametern werden Gesundheits-, Fruchtbarkeits- und bei den Rindern auch Milchproduktionsdaten aufgezeichnet sowie haltungs- und fütterungsbedingte Gesundheitsindikatoren (Hautverletzungen, Body Condition Score, Lahmheiten etc.) routinemäßig tierärztlich erhoben, sodass diese retrospektiv für zukünftige Fragestellungen als Goldstandard für die Entwicklung von Algorithmen zur automatisierten Erhebung diverser Zielvariablen zur Verfügung stehen. Ausgehend von der oben erwähnten Merkmalsvariable „Aktivität“ kann in Kombination mit visuellem Scoring der Tiere als Goldstandard, möglicherweise ein Algorithmus zur frühzeitigen Detektion von Schwanzbeißen bei Mastschweinen entwickelt werden (Abb. 2). Ein Ausbruch kündigt sich laut Vorgängerstudien bereits Tage vor dem tatsächlichen Ausbruch durch erhöhte Aktivität der Tiergruppe an [St09, Ur14].

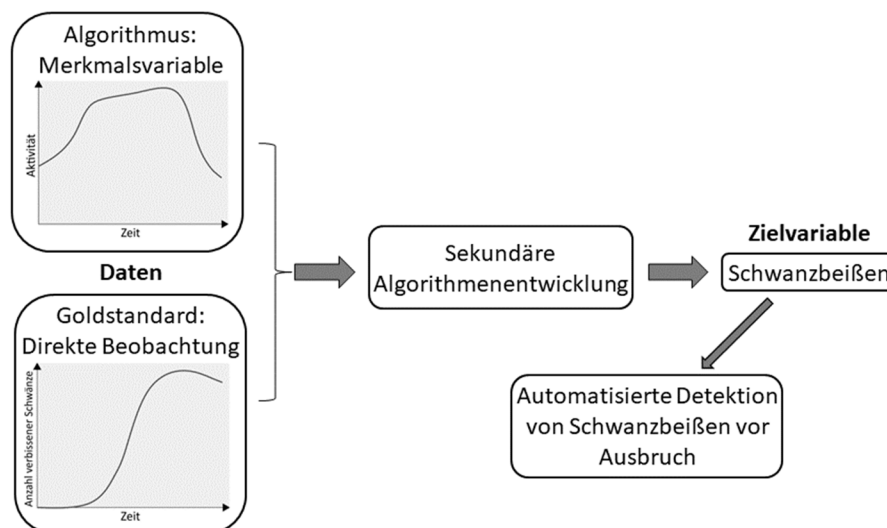


Abb. 2: Entwicklungsschritte der automatisierten Detektion einer Zielvariablen (Schwanzbeißen)

3 Status Quo und Ausblick

Die technische Ausstattung der VetFarm für die dargestellte Studie ist abgeschlossen. Derzeit werden Daten zur Algorithmenentwicklung und -testung bei Rindern und Schweinen erhoben. Der erste Datensatz wurde über Videobeobachtung ausgewertet, eine Plausibilitätskontrolle durchgeführt und samt der zugehörigen SMARTBOW-Daten der Algorithmenentwicklung zugeführt. Die ersten Ergebnisse werden im Rahmen der Tagung präsentiert. Die entwickelten Algorithmen werden anschließend im Feld auf

strukturell unterschiedlichen landwirtschaftlichen Betrieben mit bereits vorhandener SMARTBOW-Ausstattung getestet. Hierzu werden beispielsweise österreichische Betriebe mit 20 bis 80 Kühen und ein slowakischer Betrieb mit 2700 Kühen zeitweise mit einem Videosystem ausgestattet.

4 Danksagung

Das COMET-K1 Kompetenzzentrum FFoQSI wird im Rahmen von COMET – Competence Centers for Excellent Technologies durch BMVIT und die Bundesländer Niederösterreich, Oberösterreich und Wien gefördert. Das Programm COMET wird durch die FFG abgewickelt.

Literaturverzeichnis

- [Be13] Berckmans, D.: Basic principles of PLF: gold standard, labelling and field data. In (EC-PLF): The 6th European Conference on Precision Livestock farming, Leuven, S. 21-29, 2013.
- [Go08] Gonzalez, L.A. et al.: Changes in feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows. *Journal of dairy science* 91, S. 1017-1028, 2008.
- [NB17] Norton, T.; Berckmans, D.: Developing precision livestock farming tools for precision dairy farming. *Animal Frontiers* 7, S. 18-23, 2017.
- [Qu06] Quanten, S. et al.: Individualized and time-variant model for the functional link between thermoregulation and sleep onset. *Journal of Sleep Research* 15, S. 183-198, 2006.
- [St09] Statham, P. et al.: Predicting tail-biting from behaviour of pigs prior to outbreaks. *Applied Animal Behaviour Science* 121, S. 157-164, 2009.
- [Th99] Thodberg, K. et al.: Influence of environmental stimuli on nest building and farrowing behaviour in domestic sows. *Applied Animal Behaviour Science* 63, S. 131-144, 1999.
- [Ur14] Ursinus, W.W. et al.: Tail biting behaviour and tail damage in pigs and the relationship with general behaviour: Predicting the inevitable? *Applied Animal Behaviour Science* 156, S. 22-36, 2014.
- [Ve12] Verbeek, E. et al.: Motivation to obtain a food reward of pregnant ewes in negative energy balance: behavioural, metabolic and endocrine considerations. *Horm Behav* 62, S. 162-172, 2012.
- [We09] Welfare Quality: Assessment protocol for pigs. Welfare Quality®, 2009.

Zahlungsbereitschaft deutscher Landwirte für eine Schulung zur Digitalisierung

Marius Michels¹, Wilm Fecke¹, Paul Johann Weller von Ahlefeld¹, Oliver Mußhoff¹,
Andreas Heckmann² und Frank Benke²

Abstract: Fehlende Kenntnisse als einer der Hauptgründe für die Hemmnisse in der weiteren Digitalisierung landwirtschaftlicher Betriebe könnten durch entsprechende Schulungen zur Digitalisierung beseitigt werden. Hinsichtlich der Zahlungsbereitschaft für Schulungen zur Digitalisierung und der Erwartungen an solche Weiterbildungen seitens der Landwirte ist bisher wenig bekannt. Die Ergebnisse einer Online-Umfrage aus dem Jahr 2018 zeigen, dass die Zahlungsbereitschaft von soziodemographischen und betrieblichen Charakteristika beeinflusst wird. Weiterhin erwarten Landwirte von einer Schulung sowohl praktische Vorführungen als auch die Vermittlung theoretischer Inhalte. Die Ergebnisse implizieren, dass soziodemographische und betriebliche Charakteristika in der Angebotsausgestaltung entsprechender Schulungen Berücksichtigung finden sollten.

Keywords: Zahlungsbereitschaft, Schulungen, Digitalisierung, Landwirte, Teilnahmebereitschaft

1 Einleitung

Die Digitalisierung in der Landwirtschaft zeigt ein Potenzial für die zukünftige Entwicklung in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, da sowohl eine umweltschonendere Landwirtschaft durch bedarfsgerechte Applikation von Pflanzenschutz- und Düngemitteln sowie bessere Kunden-Anbieter-Vernetzung als auch ein leichter Zugang zu Informationen ermöglicht werden kann [RGM03] [Wal7]. Dennoch gibt es Hemmnisse in der Digitalisierung der landwirtschaftlichen Betriebe, die – neben mangelndem (mobilen) Breitbandausbau – auf fehlende Kenntnisse bezüglich digitaler Technologien seitens der Landwirte zurückgeführt werden können [BHR16]. Vor diesem Hintergrund wurde eine Online-Umfrage mit deutschen Landwirten durchgeführt, in deren Mittelpunkt die Analyse der Zahlungsbereitschaft als auch der Erwartungen bezüglich entsprechender Schulungen zur Digitalisierung seitens der Landwirte stand. Unterschiede in der Zahlungsbereitschaft für Schulungen in der Landwirtschaft aufgrund soziodemographischer und betrieblicher Charakteristika sind aus der Literatur bekannt [CPM11] und zu berücksichtigten, um effektive und bedarfsgerechte Schulungsprogramme zu entwickeln.

¹Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, marius.michels@agr.uni-goettingen.de, wilm.fecke@agr.uni-goettingen.de, p.wellervonahlefeld@stud.uni-goettingen.de, oliver.musshoff@agr.uni-goettingen.de,

²Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Gutenbergstraße 33, 37075 Göttingen, andreas.heckmann@uni-goettingen.de, frank.beneke@uni-goettingen.de

2 Material und Methoden

Im Februar 2018 wurde mit 97 deutschen Landwirten eine Online-Umfrage durchgeführt. Im ersten Teil wurden die Landwirte gebeten, Angaben zu ihren soziodemographischen und betrieblichen Charakteristika zu machen. Im zweiten Teil wurden die Landwirte zu ihrer Teilnahmebereitschaft und ihren Erwartungen hinsichtlich einer Schulung zur Digitalisierung befragt (fünf Statements, 5-Punkt-Likert-Skala). Im dritten Teil wurde die Zahlungsbereitschaft in € pro Stunde (€/h) Unterricht abgefragt. Die Stichprobe ist verglichen mit dem bundesweiten Durchschnitt in der Landwirtschaft nicht repräsentativ, da eher jüngere und relativ besser gebildete Landwirte teilgenommen haben, was zum Teil auf die Durchführung als Online-Umfrage zurückgeführt werden kann und bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden muss. Zudem stammen die Teilnehmer von relativ großen Betrieben gemessen in Hektar Ackerland.

3 Ergebnisse

3.1 Teilnahmebereitschaft und Erwartungen an eine Schulung zur Digitalisierung

Etwa 47 % der Teilnehmer haben bereits an einer Schulung zur Digitalisierung teilgenommen. Die Landwirte bevorzugen Termine im Winter oder Frühjahr, was auf das zeitliche Zusammenfallen mit Arbeitsspitzen im Betrieb bei möglichen Schulungen im Herbst oder Sommer zurückzuführen ist. Die befragten Landwirte erwarten, dass der Schulungsleiter praktische Erfahrungen in der Landwirtschaft vorweisen kann (36 % stimme eher zu; 54 % stimme voll und ganz zu). Hinsichtlich der Inhalte erwarten die Landwirte, dass praktische Vorführungen ein wichtiger Bestandteil der Schulungen sind (54 % stimme eher zu; 34 % stimme voll und ganz zu). Die Vermittlung theoretischer Inhalte, z. B. zum Datenschutz, ist aus Sicht der Landwirte ebenfalls ein nicht zu vernachlässigender Bestandteil (39 % stimme eher zu; 10 % stimme voll und ganz zu), wobei 30 % das Statement mit „teils/teils“ bewerteten. Ein Großteil der Landwirte empfindet eine Schulung als nützlich, da sie erste Hemmnisse in der Digitalisierung landwirtschaftlicher Betriebe abbauen kann (52 % stimme eher zu; 28 % stimme voll und ganz zu). Zudem wurden die Landwirte gefragt, ob sie sich ihrer Meinung nach aus kostenfreien Quellen ausreichend über Aspekte der Digitalisierung informieren können. 53 % stimmten dem Statement eher nicht zu und 8 % der Landwirte stimmten überhaupt nicht zu.

3.2 Zahlungsbereitschaft für eine Schulung zur Digitalisierung

In unserer Stichprobe sind 95 % der Landwirte bereit, für eine Schulung zur Digitalisierung zu zahlen. Im Mittel sind die Landwirte bereit, etwa 26 €/h Unterricht (SD = 17,29) für eine Schulung zu bezahlen. Die maximale Zahlungsbereitschaft lag bei 100 €/h Unterricht. Die Korrelation zwischen Alter sowie Betriebsgröße auf der einen Seite und der

Zahlungsbereitschaft auf der anderen Seite wurde mittels Korrelation nach Spearman ρ gemessen. Statistisch signifikante Unterschiede in der Zahlungsbereitschaft für Schulungen zur Digitalisierung wurden mittels nicht-parametrischer Tests festgestellt (Mann-Whitney-Test U ; Kruskal-Wallis-Test χ^2 in Verbindung mit Dunn-Test). Die Ergebnisse der statistischen Analyse sind in Tab. 1 dargestellt.

Variable	Ausprägung	Zahlungsbereitschaft €/h	
		Mittelwert	Teststatistik
Alter	Alter in Jahren	26,18	$\rho = 0,20^{**}$
Betriebsgröße	Betriebsgröße in Hektar	26,18	$\rho = 0,18^*$
Bildung	Ohne Universitätsabschluss	23,40	$U = 954,00$
	Universitätsabschluss	28,49	
Erwerbsform	Nebenerwerb	23,52	$U = 619,00$
	Haupterwerb	26,75	
Position	Betriebsleiter	27,50 a	$\chi^2 = 5,03^*$
	Hofnachfolger	20,56 b	
	Sonstiges	31,00 a	
Smartphone Apps	Smartphone-Apps werden nicht für betriebliche Zwecke genutzt	21,00	$U = 690,50^{**}$
	Smartphone-Apps werden für betriebliche Zwecke genutzt	28,15	
Teilgenommen	Nicht an einer Schulung zur Digitalisierung teilgenommen	22,68	$U = 893,50^{**}$
	Bereits an einer Schulung zur Digitalisierung teilgenommen	30,06	

Tab. 1: Korrelationen und Unterschiede in der Zahlungsbereitschaft für eine Schulung zur Digitalisierung in €/h anhand ausgewählter Charakteristika. Hinweis: * (**; ***) bedeutet $p < 0,1$ ($p < 0,05$; $p < 0,01$). Werte mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben sind gemäß eines Dunn-Tests statistisch signifikant voneinander verschieden auf einem 5%-Signifikanzniveau ($N = 97$).

Keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Zahlungsbereitschaft konnten für die Bildung des Landwirts und für die Erwerbsform festgestellt werden. Allerdings zeigen die Ergebnisse, dass mit steigendem Alter und steigender Betriebsgröße die Zahlungsbereitschaft statistisch signifikant ansteigt. Ältere Landwirte sind möglicherweise weniger mit digitalen Technologien vertraut und daher bereit, mehr zu zahlen, um ihre Wissenslücke zu schließen. Größere Betriebe gehören zu den Vorreitern bei der Adaption neuer, innovativer Technologien und sind daher eher bereit, mehr für eine Schulung zu zahlen, um die erworbenen Technologien besser nutzen und anwenden zu können. Nutzen die Landwirte Smartphone-Apps im betrieblichen Ablauf oder waren bereits Teilnehmer an einer Schulung zur Digitalisierung, dann ist die Zahlungsbereitschaft ebenfalls statistisch signifikant höher. Erklären lassen sich die Beobachtungen dadurch, dass Landwirte, die bereits erste Schritte in der Digitalisierung vorgenommen haben, den Nutzen für ihren Betrieb erkannt haben und daher bereit sind, mehr für eine Schulung zu bezahlen, um weitere digitale Techniken noch besser einsetzen zu können. Ebenso kann gefolgert werden, dass

Landwirte, die bereits positive Erfahrungen durch vergangene Schulungen gemacht haben, eher bereit sind, mehr in eine weitere Schulung zu investieren, da sie den positiven Nutzen für sich selbst erkannt haben. Hinsichtlich der Position zeigen die Ergebnisse, dass es einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen Betriebsleitern und Hofnachfolgern sowie Hofnachfolgern und anderweitig Beschäftigten gibt. Hofnachfolger haben sich aufgrund ihres jüngeren Alters bereits Kenntnisse bezüglich digitaler Technologien angeeignet. Betriebsleiter und anderweitig Beschäftigte haben eine statistisch signifikant höhere Zahlungsbereitschaft, da Betriebsleiter für die Investition in digitale Technologien und Beschäftigte zumeist für den praktischen Einsatz im Betrieb verantwortlich sind.

4 Abschließende Bemerkungen

Die Ergebnisse zeigen, dass Landwirte ein hohes Interesse an Schulungen zur Digitalisierung haben und dementsprechend auch bereit sind, dafür zu zahlen. Unsere Ergebnisse implizieren, dass es Landwirten ermöglicht werden muss, Schulungspakete bzw. -inhalte entsprechend ihrem Vorwissen und dem Fortschritt der Digitalisierung auf dem Betrieb individuell buchen zu können. Daher sollten soziodemographische und betriebliche Charakteristika in der Angebotserstellung berücksichtigt werden.

Literaturverzeichnis

- [BHR16] Bovensiepen, G.; Hombach, R.; Ralmund, S.: Quo vadis, agricola? Smart Farming: Nachhaltigkeit und Effizienz durch den Einsatz digitaler Technologien. Herausgegeben von der PricewaterhouseCoopers AG (PwC), S. 1-28, 2016.
- [CPM11] Charatsari, C.; Papadaki-Klavdianou, A.; Michailidis, A.: Farmers as Consumers of Agricultural Education Services. Willingness to Pay and Spend Time. *The Journal of Agricultural Education and Extension* 17 (3), S. 253-266, 2011.
- [RGM03] Rolfe, J.; Gregor, S.; Menzies, D.: Reasons why farmers in Australia adopt the Internet. *Electronic Commerce Research and Applications* 2 (1), S. 27-41, 2003.
- [Wa17] Walter, A. et. al.: Opinion. Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114 (24), S. 6148-6150, 2017.

Wissensbasierte digitale Unterstützung in der Pflanzenbauberatung

Anahita Nafissi¹, Fabian Weckesser², Ingmar Kessler¹, Markus Rickert¹, Matthias Pfaff¹, Sebastian Peisl² und Michael Beck²

Abstract: Obwohl die Landwirtschaft schon immer technologische Neuerungen in der Produktion einsetzt, ist gerade die landwirtschaftliche Beratung bisher noch verhältnismäßig wenig digitalisiert. Oft ist es gängige Praxis für Landwirte und Berater, gesetzliche Regelungen, Fachliteratur und Betriebsdaten in Papierform nachzuschlagen und in unstrukturierten, digitalen Dokumenten einzutragen. Zur Unterstützung der Landwirte und der Pflanzenbauberatung wird ein Entscheidungshilfesystem entwickelt, welches die Beratung in der Landwirtschaft digital unterstützen und erleichtern soll, indem es aktuelles Fach- und Expertenwissen sowie individuelle Betriebsdaten abrufen, aufbereiten und zweckgebunden auswertet. Dafür ist es notwendig, das entsprechende Fachwissen aus vielfältigen heterogenen Datenquellen in einer einheitlichen Wissensbasis verfügbar zu machen. Der hier beschriebene Ansatz verwendet Semantic-Web-Technologien wie OWL-Ontologien und SPARQL-Abfragen, um diese Daten hinsichtlich ihrer Bedeutung, d. h. semantisch, zu modellieren und abzufragen.

Keywords: Pflanzenbauberatung, Entscheidungshilfesystem, Datenintegration, RDF, OWL, SPARQL, Ontologien, Semantic Web, Linked Data

1 Einleitung und Problemstellung

Je nach Technologisierungsgrad und Persistenz der Aufzeichnung des landwirtschaftlichen Betriebes akkumulieren sich während des pflanzenbaulichen Produktionsprozesses verschiedenste Daten wie bspw. Bewirtschaftungs-, Wetter-, Boden- und Pflanzenwachstumsdaten. Diese werden automatisiert oder manuell erfasst. Dabei wird in Zukunft die zunehmende Durchsetzung der Produktion mit cyber-physischen Systemen, georeferenzierter Maßnahmenfassung und Vernetzung der Arbeitsabläufe die Qualität und Quantität der Daten noch weiter steigern. Dies gilt auch für kleinstrukturierte Regionen, wie eine Studie mit bayerischen Landwirten zeigt [RG17]. Ergänzt werden diese Informationen durch fachliches Wissen und gesetzliche Rahmenbedingungen, sowie relevante Informationen anderer Teilnehmer der Wertschöpfungskette des Ackerbaus. Dem Landwirt ist es aufgrund dezentraler Datenablage sowie inhomogener Datenstruktur und -qualität jedoch kaum möglich, das darin liegende Potenzial zur Betriebsoptimie-

¹ fortiss, Landesforschungsinstitut des Freistaats Bayern, Guerickestraße 25, 80805 München, {nafissi;ikessler;rickert;pfaff}@fortiss.org

² Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT), Zentrum für Forschung und Wissenstransfer, Am Staudengarten 10, 85354 Freising, {fabian.weckesser;sebastian.peisl;michael.beck}@hswt.de

rung zu nutzen – weder zur ökonomischen, noch zur ökologischen oder gesellschaftlichen Zielerreichung.

Viele Betriebe in kleinstrukturierten Regionen mit heterogener Flächenausstattung, vielseitiger Produktionsausrichtung und hoher Einkommensdiversifikation profitieren von den Empfehlungen von Pflanzenbauberatern mit langjährigen Erfahrungsmustern und aktuellstem Fachwissen. Der Experte ist für den interdisziplinär arbeitenden Landwirt von hohem Mehrwert und hilft diesem, dem steigenden Effizienz- und Qualitätsdruck aller Stakeholder der pflanzlichen Produktion gerecht zu werden [PT17].

Für die Pflanzenbauberatung ergeben sich durch integrative und datengetriebene Ansätze neue Chancen und Herausforderungen in der Beratung. Die Aufgabe, über den Einzelbetrieb hinaus bei der überbetrieblichen Analyse der zeit- und ortsgebundenen Daten betriebsindividuell zu beraten, erfordert eine gute Vernetzung. Der Pflanzenbauberater ist daher auf einen themen- und fragenspezifischen schnellen Zugriff in einer gesicherten Datenqualität angewiesen. Dies setzt Datenkonnektivität bei gesichertem Datenschutz voraus und ist damit Grundlage der Nutzung dieser verteilten Daten in Echtzeit [Wa17]. Diese Interoperabilität ist Grundlage für die Entwicklung eines Entscheidungshilfesystems, um Effizienzsteigerungspotenziale zu realisieren.

Eine aktuelle Problemstellung ist, dass Landwirte und Berater bei der Entscheidungsfindung oft noch von Hand Fachwissen in verschiedenen Datenquellen und -formaten von unterschiedlichen Herausgebern nachschlagen und miteinander kombinieren müssen. Daher bietet es sich an dieser Stelle an, die Landwirte und Berater mittels eines entsprechenden Werkzeugs zu unterstützen, welches verschiedenste Datenquellen fachlich und technisch in eine einheitliche Wissensbasis integriert, um in einer Abfrage auf sämtliches Wissen gleichzeitig zugreifen und entsprechende Zusammenhänge herstellen zu können.

Zum Aufbau eines solchen Entscheidungshilfesystems bieten sich Semantic-Web-Technologien wie Ontologien an, welche bereits in verschiedenen Kontexten in der Landwirtschaft eingesetzt werden. In [Ma15] wird die Architektur eines Linked-Open-Data-Services mit Suchserverkomponenten beschrieben. Darüber hinaus beschreibt [Ma18] eine Infrastruktur mit Semantic-Web-Technologien, um eine semantische Suche über heterogene KTBL-Planungsdaten zu ermöglichen. Im Vergleich dazu ist der Fokus dieses Ansatzes die Integration von fachlich und technisch unterschiedlichen Datenquellen verschiedenster Herausgeber, um übergreifende Fragestellungen aus diversen Teilgebieten zu beantworten. [NBF18] beschreibt einen Ansatz zur Datenintegration von mehreren pflanzenphänomischen Datenbanken, bei dem aus Termen einer relationalen Datenbank eine lokale Ontologie definiert wird und ihre Konzepte auf solche von öffentlichen Ontologien abgebildet werden. Im Vergleich dazu werden in diesem Ansatz sowohl Semantik als auch Daten integriert, um in domänenspezifischen Anwendungen landwirtschaftliche Fragen zu beantworten. Außerhalb der Landwirtschaft zeigt [Pe16] für die Domänen Montage und Holzverarbeitung, dass semantische Prozessbeschreibungen auf Basis von Ontologien über Produkt- und Produktionsdaten hinweg eine automatische Generierung von ausführbaren Roboterprogrammen ermöglichen.

2 Methodik

Eine einheitliche Wissensbasis für landwirtschaftliches Fachwissen sollte nicht nur auf Basis von (semi-)strukturierten Rohdaten aufgebaut werden, sondern auch die ihnen zugrundeliegende Bedeutung, d. h. Semantik, formal und strukturiert umfassen. Hierfür eignen sich Semantic-Web-Technologien wie OWL (Web Ontology Language), da sie ein formales, menschen- und maschinenlesbares Vokabular bieten. Dies erlaubt einerseits eindeutige Definitionen in sogenannten OWL-Ontologien und ermöglicht andererseits logische Inferenzen, um aus bestehendem (faktischem) Wissen neues (abgeleitetes) Wissen zu erschließen [Hi12]. In einem einfachen Beispiel aus der Landwirtschaft ist Winterweichweizen ein Weizen und somit, wenn entsprechend modelliert, auch automatisch, d. h. implizit, ein Getreide. An diesem Beispiel wird bereits ein Vorteil dieser Art der semantischen Wissensmodellierung deutlich: Es lassen sich Hierarchien formulieren und gewisse Regelungen für Oberklassen (hier Getreide) definieren, welche so auch automatisch für Individuen (Objekte) von Unterklassen gelten (hier Winterweichweizen).

In OWL-Ontologien werden einzelne Konzepte mittels global eindeutiger Identifikatoren bezeichnet, sogenannten IRIs (Internationalized Resource Identifier), welche für Internetadressen üblichen URLs ähneln [SR14]. Dadurch können Definitionen auch außerhalb einer Ontologie oder innerhalb anderer Ontologien von Menschen und Maschinen referenziert werden. Dies erleichtert die Vernetzung, Vereinigung und Wiederverwendung von internem und öffentlichem Wissen.

In diesem Ansatz wird heterogenes, landwirtschaftliches Fachwissen aus verschiedenen Datenquellen wie bspw. dem Leitfaden der Düngung für Acker- und Grünland [We18] semantisch in einer einheitlichen Wissensbasis modelliert, um die Zusammenhänge in der vereinten Wissensmenge für intelligente Abfragen aufzuzeigen. Bei den Datenquellen handelt es sich in der Regel um primär für menschliche Leser gedachte Formate, wie PDF-Dokumente oder HTML-Webseiten, und um (semi-)strukturierte Daten, wie CSV-Tabellen, relationale Datenbanken (SQL, Microsoft Access) oder RESTful APIs. Aus diesen Datenquellen wird das Fachwissen, d. h. Semantik und Daten, modelliert bzw. importiert und soweit zweckmäßig als OWL-Ontologien gespeichert, um in einer Abfrage mit nur einer Abfragesprache direkt auf vielfältiges Fachwissen zugreifen zu können.

Die gemeinsame Verwendung von verschiedenen und meistens nicht als OWL-Ontologien verfügbaren Datenquellen wird oft schon durch leichte Unterschiede beim Gebrauch von fachlichen Begriffen, Definitionen und Einheiten sowie technischen Identifikatoren und Schlüsseln erschwert. Daher werden die impliziten Strukturen und Bedeutungen aus diesen Datenquellen in gemeinsamen OWL-Ontologien explizit definiert. Bei äquivalenter Semantik können einheitliche Klassen und Eigenschaften (wieder)verwendet werden und bei abweichenden Bedeutungen können diese fallweise umgewandelt oder ausdrücklich als eigenständig bzw. verwandt modelliert werden. Dies bildet einerseits die Verbindung zwischen Wissen aus verschiedenen Datenquellen ab

und macht andererseits das Fachwissen leichter für Menschen und Maschinen zugänglich.

Das Schema des Entscheidungshilfesystems wird in Abb. 1 dargestellt. Die Datenquellen bzw. Quelldokumente wie bspw. das Gelbe Heft der LfL fließen mit ein bei der Modellierung der Strukturen und der Semantik in den Ontologien für landwirtschaftliches Allgemeinwissen (Upper Ontology farmexpert) und in den Ontologien für die einzelnen Teilgebiete/Domänen (z. B. fieldrecord, fruit, weather). Letztere enthalten Definitionen von Klassen, Arten von Eigenschaften und häufige Begriffe. Zusätzlich werden die Quellen in maschinenverständlichen Datenontologien (z. B. bsv-seed-2018, bvl-pesticide-2018) abgebildet, welche die Rohdatenwerte enthalten und durch die Domänenontologien interpretiert werden können. In den unteren Anwendungsontologien (Betriebs-Ontologie mueller-gbr) werden bspw. Betriebsdaten und Feldmaßnahmen semantisch gespeichert und stehen so gemeinsam mit dem Fachwissen den Abfragen von Anwendungen wie etwa einer benutzerfreundlichen Web-GUI zur Verfügung.

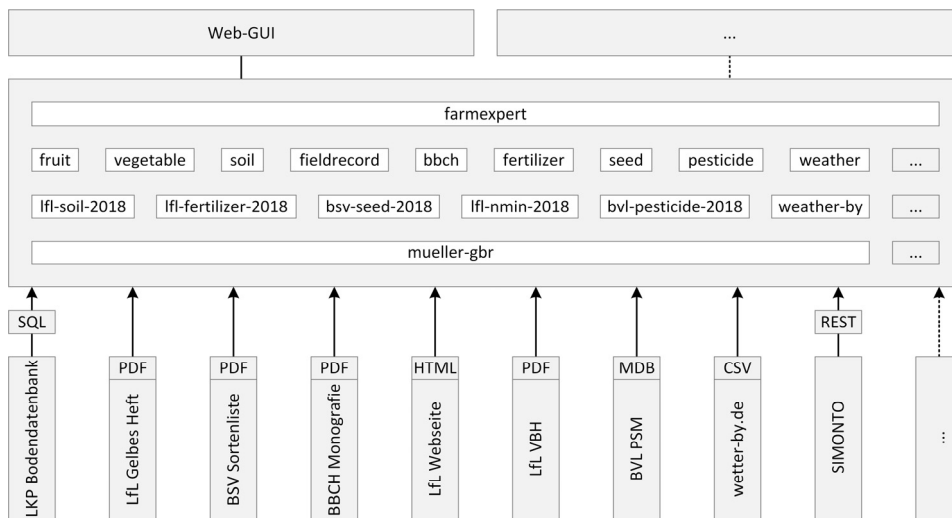


Abb. 1: Schematischer Aufbau des Entscheidungshilfesystems; von unten nach oben: Datenquellen (mit Formaten bzw. Schnittstellen), Wissensbasis (bestehend aus Ontologien zu Anwendungen, Daten, Domänen und Allgemeinwissen) und Anwendungen

Einfache, häufige Fragen von Landwirten können mit der SQL-ähnlichen Abfragesprache SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) formuliert und so weitgehend automatisch und dynamisch von der Wissensbasis beantwortet werden. Dabei wird auch die Intelligenz des Systems nicht in Programmcode festgelegt, sondern soweit möglich als Fachwissen und Logikregeln in den Ontologien oder andernfalls innerhalb der SPARQL-Abfragen modelliert.

Das SPARQL-Beispiel in Abb. 2 zeigt eine Abfrage zum Fachwissen einer Weizensorte und der zu erwartenden Qualitätsgruppe, die in verschiedenen Ontologien modelliert sind. Hierbei wird nicht nur eine statische Tabelle mit den ertragsbedingten Zu- und Abschlagskoeffizienten angezeigt. Stattdessen wird bereits der individuell zu erwartende Ertrag mit dem Referenzertrag verrechnet, um den Stickstoffbedarfswert, i. d. F. für die gesetzliche Düngebedarfsermittlung, anzuzeigen.

```
SELECT ?seedVariety ?cropType ?yieldInDtPerHa ?nitrogenRequirementInKgPerHa
WHERE {
  VALUES (?seedVariety ?yieldInDtPerHa) { (seed:JBAsanoWinterSoftWheat 75.0) }
  ?seedVariety fex:growsTo ?cropType .
  ?cropType fex:hasData [
    fex:hasRequiredNitrogenInKgPerHa ?rNInKgPerHa ;
    fex:hasYieldInDtPerHa ?yieldLevelInDtPerHa ;
    fex:hasYieldDifferenceInDtPerHa ?yDInDtPerHa ;
    fex:hasPerYieldDifferenceAdditionOfNitrogenInKgPerHa ?perYDAdditionInKgPerHa ;
    fex:hasPerYieldDifferenceReductionOfNitrogenInKgPerHa ?perYDReductionInKgPerHa ] .
  BIND (?yieldInDtPerHa - ?yieldLevelInDtPerHa AS ?yieldDeltaInDtPerHa)
  BIND (IF (0.0 < ?yieldDeltaInDtPerHa, ?perYDAdditionInKgPerHa, ?perYDReductionInKgPerHa) AS ?perYieldFactorInKgPerHa)
  BIND (?rNInKgPerHa + ?yieldDeltaInDtPerHa / ?yDInDtPerHa * ?perYieldFactorInKgPerHa AS ?nitrogenRequirementInKgPerHa)
}
```

	seedVariety ↕	cropType ↕	yieldInDtPerHa ↕	nitrogenRequirementInKgPerHa ↕
1	seed:JBAsanoWinterSoftWheat	fruit:WinterSoftWheatVarietyA	*75.0**xsd:decimal	*222.50**xsd:decimal

Abb. 2: Die OWL-Ontologien wurden in einer RDF-Datenbank-Software gespeichert und mit einer SPARQL-Abfrage (oben) gleichzeitig ausgelesen und ausgewertet für das Ergebnis (unten)

3 Fazit und Ausblick

Landwirtschaftliches Wissen aus technisch und fachlich heterogenen Datenquellen wurde in einer semantischen Wissensbasis vereint, um es in einer übergreifenden Abfrage abrufen und auswerten zu können. Dies bietet neue Möglichkeiten, um Landwirte und Berater beim Nachschlagen von Fachwissen und Betriebsdaten sowie bei der Entscheidungsfindung dynamisch zu unterstützen.

Es ist geplant, bei der Integration von bisherigen und zukünftigen Datenquellen verstärkt maschinelle Schnittstellen und formale Abbildungen einzusetzen, um größere Datenmengen zu importieren. Dadurch könnte der Abdeckungsgrad an Hintergrundwissen für häufige landwirtschaftliche Fragen wesentlich erhöht und flexibler auf (jährliche) Änderungen bei fachlichen und gesetzlichen Gegebenheiten reagiert werden.

Ein weiterer, geplanter Fokus ist der maschinelle Live-Zugriff auf bestehende Datenbanken und Webservices. So könnten aktuelle Daten wie bspw. Wettervorhersagen bei Entscheidungsfindungen miteinfließen und die Wissensbasis leichter parallel und in Zusammenarbeit mit bestehenden landwirtschaftlichen Software-Systemen genutzt werden. Ein weiteres Ziel dabei ist, Landwirte langfristig zu entlasten, indem Betriebsdaten und Feldmaßnahmen nur einmalig direkt bei der Ausführung eingegeben und vom gleichen oder von anderen Systemen, bei Einwilligung des Landwirts zur Weitergabe dieser sen-

siblen Daten, mehrfach automatisch wiederverwendet werden. Beispielsweise könnte zum Jahresende eine Schlagdokumentation oder zum Jahresbeginn eine Düngebedarfs-ermittlung automatisch ausgefüllt werden, sodass der Landwirt die vorausgefüllten Eingabefelder nur noch überprüfen muss.

Für Endanwender, d. h. Landwirte und Berater, ist die Anbindung des Entscheidungshilfesystems an bestehende oder neuartige, intuitive Benutzeroberflächen entscheidend. Nur so kann eine hohe Akzeptanz bei großen Benutzergruppen erreicht werden.

Ein Zugriff auf weitere, noch verschlossene Datenquellen würde eine größere Reichweite und Tiefe des modellierten landwirtschaftlichen Fachwissens ermöglichen. Das Entscheidungshilfesystem könnte dadurch bei komplexeren Fragestellungen weitere Einflussfaktoren berücksichtigen und eine bessere Unterstützung liefern.

Dieser Beitrag entstand im Kontext eines durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten geförderten Projekts.

Literaturverzeichnis

- [Hi12] Hitzler, P. et.al.: OWL 2 Web Ontology Language Primer (Second Edition). W3C, 2012, <https://www.w3.org/TR/owl2-primer>, Stand: 08.11.2018.
- [Ma15] Martini, D. et.al.: KTBL-Planungsdaten auf dem Weg in die Zukunft - Bereitstellung über Linked Open Data. In (Ruckelshausen, A. et.al. Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft, Geisenheim, S. 105-108, 2015.
- [Ma18] Martini, D.: Webservices auf heterogenen Datenbeständen – Methoden der Umsetzung am Beispiel der KTBL-Planungsdaten. In (Ruckelshausen, A. et.al. Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft, Kiel, S. 155-158, 2018.
- [NBF18] Nafissi, A.; Bruns, B.; Fiorani, F.: Ontologies for resolving semantic heterogeneity in information integration among plant phenomics databases. In (Ruckelshausen, A. et.al. Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirts., Kiel, S. 167-170, 2018.
- [Pe16] Perzylo, A. et.al.: Intuitive Instruction of Industrial Robots: Semantic Process Descriptions for Small Lot Production. In: IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Deajeon, S. 2293-2300, 2016.
- [PT17] Paustian, M.; Theuvsen, L: Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers. Precision Agriculture 18, S. 701-716, 2017.
- [RG17] Roosen, J.; Groß, S.: Digitalisierung in Land- und Ernährungswirtschaft. Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V., München, S. 27-30, 2017.
- [SR14] Schreiber, G.; Raimond, Y.: RDF 1.1 Primer. W3C, 2014, <https://www.w3.org/TR/rdf11-primer>, Stand: 08.11.2018.
- [Wa17] Wahmhoff, W.: Einführung Prozessmanagement pflanzlicher Produkte, S. 137, 2017, <https://www.dbu.de/media/061217051349d3ga.pdf>, Stand: 25.10.2018.
- [We18] Wendland, M. et.al.: Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising, 2018.

Gesellschaftliche Akzeptanz von Digitalisierung in der Landwirtschaft

Johanna Pfeiffer¹, Sebastian Schleicher¹, Andreas Gabriel¹ und Markus Gandorfer¹

Abstract: Digitalisierung in der Landwirtschaft kann einen Beitrag zu höherem Tierwohl und umweltfreundlicherem Pflanzenbau leisten. Die gesellschaftliche Akzeptanz digitaler Technologien spielt dabei eine bedeutende Rolle, ist jedoch noch wenig erforscht. Eine repräsentative Online-Umfrage in Deutschland bringt hierfür neue Erkenntnisse. Die Ergebnisse zeigen einen im Allgemeinen geringen Kenntnisstand der Bevölkerung hinsichtlich landwirtschaftlicher Produktionsprozesse. Neue digitale Technologien werden allerdings nach einer Erläuterung deren Potenzials überwiegend positiv bewertet. Bei Spontanassoziationen der Befragten zu Bildern digitaler Techniken zeigt sich teilweise eine starke emotionale Komponente, was durch eine größere Anzahl negativer Äußerungen ausgedrückt wird.

Keywords: Akzeptanz, Digitalisierung, Gesellschaft, Befragung

1 Einleitung

Der Blick des Konsumenten ist verstärkt auf tierische und pflanzliche Produktionsverfahren gerichtet, weshalb gesellschaftliche Erwartungen in Bezug auf Tierwohl und umweltbewussten, nachhaltigen Pflanzenbau steigen [Ma14]. Die Digitalisierung in der Landwirtschaft kann einen entscheidenden Beitrag zur Bewältigung der genannten Aspekte leisten. Stakeholder der Landwirtschaft erhoffen sich insbesondere durch erhöhte Transparenz und Rückverfolgbarkeit eine höhere Wertschätzung der landwirtschaftlichen Produktion [z. B. In16]. Dabei wird jedoch nicht berücksichtigt, dass in der Landwirtschaft implementierte Innovationen häufig kritischer bewertet werden als Innovationen in anderen Bereichen des täglichen Lebens (z. B. Gentechnik im Medizinbereich) [Mö11]. Deshalb kann allein aufgrund einer höheren Effizienz durch eine digitalisierte Landwirtschaft nicht davon ausgegangen werden, dass diese automatisch eine erhöhte Akzeptanz in der Gesellschaft erfährt. Aus diesem Grund wird in dem vorliegenden Beitrag die gesellschaftliche Akzeptanz von digitalen Technologien in der Landwirtschaft untersucht. Eine damit verbundene Forschungsfrage ist die generelle Wahrnehmung der Landwirtschaft in der deutschen Bevölkerung. Im Schwerpunkt werden konkrete Bereiche der Digitalisierung in der Landwirtschaft (Digitaler Pflanzenschutz, Digitales Nährstoffmanagement, Autonome Maschinen, Sensorik und Robotik in der Tierhaltung) untersucht, um deren Akzeptanz in der Gesellschaft zu betrachten.

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising; johanna.pfeiffer@lfl.bayern.de, andreas.gabriel@lfl.bayern.de, markus.gandorfer@lfl.bayern.de

2 Material und Methode

Datengrundlage der Untersuchung bildet eine Online-Umfrage zu digitalen Technologien in der Landwirtschaft. Die vorquitierte Stichprobe ($n = 2.012$) repräsentiert in ihrer Zusammensetzung die in Deutschland wohnhafte Bevölkerung hinsichtlich Geschlecht, Alter, Wohnortgröße und Bildungsabschluss. Zunächst wurden mittels Likert-Skalen der Bezug, vorhandene Kenntnisse und die persönliche Einstellung zur Landwirtschaft und ihren Produktionsverfahren in Deutschland ermittelt. Weiterhin wurde der Standpunkt der Befragten zu digitalen Technologien in der Landwirtschaft erfasst. Einerseits wurden den Umfrageteilnehmern digitale Technologien für die landwirtschaftliche Praxis (Digitaler Pflanzenschutz, Nah-Infrarot-Sensorik, Tiersensorik) samt ihren Vorteilen bzw. ihrem Potential vorgestellt, zu denen sie hinsichtlich ihrer Zustimmung zum Praxiseinsatz und zu einer möglichen Verwendung öffentlicher Mittel zu deren Förderung befragt wurden. Abschließend wurden den Umfrageteilnehmern Bilder digitaler Technologien im praktischen Einsatz vorgelegt, zu denen sie Spontanassoziationen abgeben konnten. Auf diese Weise konnte die emotionale Komponente der Einstellung gegenüber digitalen Technologien in der Landwirtschaft analysiert werden.

3 Ergebnisse und Diskussion

In ihrer Einstellung gegenüber digitalen Technologien zeigen sich die Umfrageteilnehmer überwiegend positiv (Abb. 1).

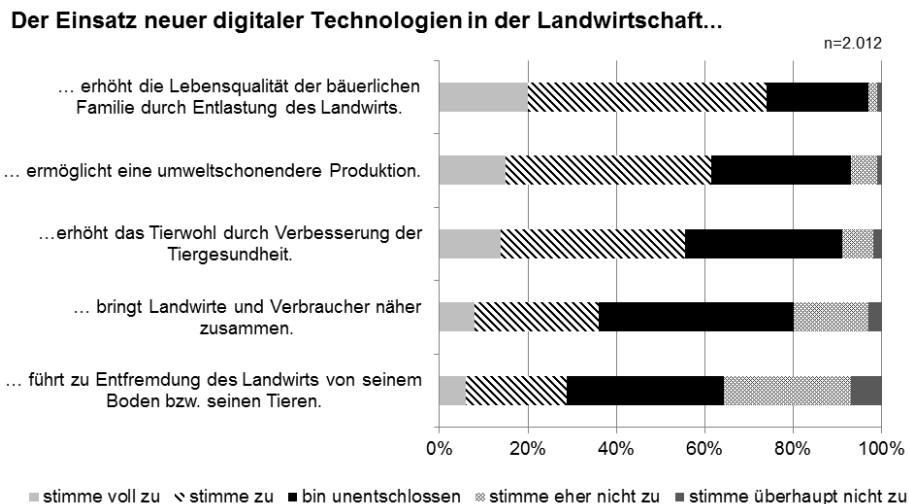


Abb. 1: Generelle Meinungen zu digitalen Technologien in der Landwirtschaft

Die Mehrheit der Befragten geht davon aus, dass digitale Techniken eine umweltschonendere Produktion ermöglichen und das Tierwohl durch eine Verbesserung der Tiergesundheit erhöhen können. Darüber hinaus denkt der Großteil der Umfrageteilnehmer, dass die Lebensqualität der bäuerlichen Familien durch digitale Technologien verbessert werden kann. Das Stimmungsbild ist etwas gemischer bezüglich der Frage, ob die Digitalisierung Landwirte und Verbraucher näher zusammenbringt. Die von vielen Stakeholdern der Landwirtschaft erhoffte höhere Transparenz in der Wertschöpfungskette durch die Digitalisierung, welche die Landwirtschaft und die Gesellschaft näher zusammenbringt, wird demnach nur in begrenztem Ausmaß von der Bevölkerung wahrgenommen. Die Meinungen der Befragten sind gemischt bei der Frage, ob digitale Techniken zur Entfremdung des Landwirts von seinem Boden bzw. seinen Tieren führen. Dies ist mitunter darauf zurückzuführen, dass die Mehrheit der Befragten den eigenen Kenntnisstand zu landwirtschaftlichen Produktionsprozessen als gering einschätzt und deshalb teilweise unentschlossen bezüglich ihrer Wahrnehmung der Landwirtschaft ist. Die Resonanz der Umfrageteilnehmer bezüglich der Zustimmung oder Ablehnung von digitalen Technologien in der Landwirtschaft ist vorwiegend positiv (Abb. 2). Hier stimmt bei allen vier abgefragten Technologien die Mehrheit der Befragten einem Einsatz in der Praxis und einer Verwendung staatlicher Förderzuschüsse zu deren Förderung zu oder voll zu.

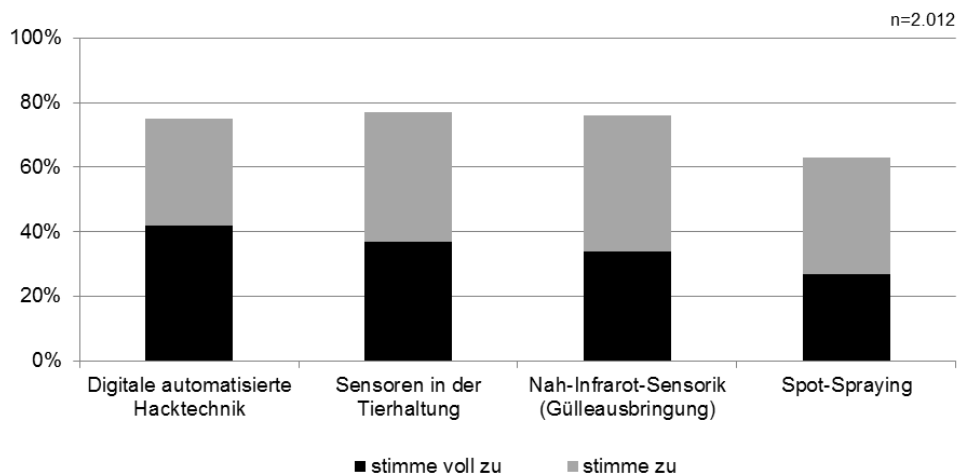


Abb. 2: Vergleich der Top 2 - Zustimmung zur Befürwortung des Einsatzes digitaler Technologien

Konfrontiert mit Bildern digitaler, teils futuristischer Innovationen sowohl für den Pflanzenbau als auch die Tierhaltung, ordneten viele der Teilnehmenden der Online-Befragung spontan Begriffe wie „Effizienz“, „Arbeitserleichterung“ und „modern“ zu. Dennoch sind die gezeigten digitalen Technologien teilweise auch mit negativen Assoziationen belegt. Beispielsweise ruft ein Bild eines Melkroboters Konnotationen

wie „Tierquälerei“, „unnatürlich“ und „leidend“ hervor. Hieraus lässt sich ein besonderer Aufklärungsauftrag für die landwirtschaftliche Praxis und öffentliche Einrichtungen im Agrarbereich ableiten. Durch geeignete Kommunikations- und Demonstrationsstrategien sollte objektiv und neutral über die Landwirtschaft allgemein sowie über Digitalisierung in der Landwirtschaft aufgeklärt werden, ohne dabei Problembereiche zu verschweigen. Dies ist zudem vor dem Hintergrund des hohen Anteils der „Unentschlossenen“ bei der generellen Meinung zu digitalen Technologien in der Landwirtschaft von Bedeutung (Abb. 1)

4 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse des vorliegenden Beitrags bestätigen, dass sich die deutsche Bevölkerung verstärkt von der Landwirtschaft entfernt hat und damit der Kenntnisstand der Allgemeinheit über die aktuellen landwirtschaftlichen Produktionsprozesse rückgängig ist. Werden die Potenziale digitaler Technologien hinsichtlich Umweltschutz und Tierwohl in der Umfrage explizit erläutert, antworten die Umfrageteilnehmer vorwiegend positiv in Bezug auf moderne digitale Technologien. Bei der Konfrontation mit Bildern von digitalen Anwendungen zeigt sich jedoch die Stärke der emotionalen Komponente, was teilweise negative Äußerungen der Befragten zur Folge hatte. Ein Ansatz zur Erhöhung der gesellschaftlichen Akzeptanz von (digitaler) Landwirtschaft liegt damit einerseits in der besseren Aufklärung und neutralen Information der Bevölkerung und andererseits in einem größeren Bemessen der emotionalen Komponente von landwirtschaftlichen Sachverhalten.

Literaturverzeichnis

- [In16] Innovationsinitiative des Leibniz-Forschungsverbands "Nachhaltige Lebensmittelproduktion & gesunde Ernährung" (2016): Positionspapier der Innovationsinitiative Landwirtschaft 4.0, Potsdam.
- [Ma14] Matzdorf, B., Biedermann, C., Meyer, C., Nicolaus, K., Sattler, C., Schomers, S. (2014): Was kostet die Welt? Payments for Ecosystem Services in der Praxis; erfolgreiche PES-Beispiele aus Deutschland, Großbritannien in den USA. Oekom, München.
- [Mö11] Möller, A. (Hrsg.) (2011): Akzeptanz von Technik und Infrastrukturen: Anmerkungen zu einem aktuellen gesellschaftlichen Problem. Acatech-Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. Springer, Heidelberg.

Markt-Info-App (MIA)

Eine Informations- und Vermarktungsplattform für Getreide in Norddeutschland

Franziska Potts¹ und Jens-Peter Loy¹

Abstract: Die Vermarktung von Getreide in Deutschland wird aufgrund zunehmender Preisvolatilität komplexer. Mit der Markt-Info-App MIA soll die betriebliche Getreidevermarktung unterstützt werden. Bei MIA handelt es sich um eine Informations- und Vermarktungsplattform für Landwirte. Sie soll Landwirte mit Informationen für die Vermarktung versorgen und Tools zur Erfassung und Planung der Vermarktung bereitstellen. Für die wissenschaftliche Analyse werden u. a. die Aktivitäten der Nutzer von MIA aufgezeichnet.

Keywords: Informationsplattform, Getreide, Vermarktung

1 Einleitung

Seit der McSharry-Reform 1992 werden auch die Getreidepreise in der EU durch die globalen Marktkräfte bestimmt [Bm18]. Die Weltmarktpreise weisen seit jeher hohe Schwankungen auf und sind nur sehr eingeschränkt vorhersehbar. Diese Entwicklung hat sich seit der Preiskrise 2007/08 noch weiter verstärkt. Unter diesen Bedingungen hat die betriebliche Vermarktung großen Einfluss auf den Betriebserfolg. Die eingeschränkte Vorhersagbarkeit der Preise erschwert dabei die Entscheidung über den optimalen Vermarktungszeitpunkt. Mit einfachen, dynamischen Optimierungsmodellen lassen sich nur geringe systematische Ertragssteigerungen erzielen ([Lo08] und [LP09]). Mit der Markt-Info-App (MIA) soll unter Beteiligung von Praktikern und Beratern eine Plattform geschaffen werden, die Landwirte bei der Getreidevermarktung unterstützt. Gleichzeitig sollen die Aktivitäten der Landwirte auf dieser Plattform analysiert werden, um erfolgreiche Heuristiken bei der Vermarktung zu identifizieren.

2 Stand des Wissens

Die betriebliche Vermarktungsentscheidung von Getreide hat in der deutschen und europäischen Agrarforschung bislang nur wenig Beachtung gefunden. Theoretische Arbeiten zu diesem Thema gibt es verschiedene (Berg [Be87], Blakeslee & Lone [BL95] und Fackler & Livingston [FL02]). Von Berg [Be87] wurden rekursive Optimierungsansätze zur Bestimmung des optimalen Vermarktungszeitpunktes bzw. der

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Agrarökonomie, Abt. Marktlehre, Olshausenstraße 40, 24118 Kiel, Kontakt: franziska.potts@ae.uni-kiel.de

optimalen Lagerdauer durch einen Schwellenpreis entwickelt. Die Ansätze unterscheiden sich in der Einbeziehung der Risikoeinstellung [Be87]. Die Ansätze wurden von [BL95] weiterentwickelt. Sie unterstellen einen autoregressiven Prozess für die Preise und eine Taylorreihe zur Approximation der Einkommensverteilung [BL95]. [FL02] betrachten die Bestimmung der optimalen Lagerdauer als optimales Stopping-Problem und nutzen das Konzept der amerikanischen Option. Der erste Ansatz von Berg [Be87] wurde im Rahmen einer ex-post Analyse der Weizenvermarktung in Norddeutschland und Polen verwendet. Dabei konnte nur eine geringe Verbesserung der Vermarktungsergebnisse durch den Optimierungsansatz ermittelt werden ([Lo08], [LP09]).

Weitere Arbeiten beschäftigen sich mit Einflussfaktoren auf den Brotweizenpreis bzw. dem Preisunterschied zwischen Brot- und Futterweizen. In Großbritannien konnten der Viehbestand, der Lagerbestand von Weizen und die Fallzahl als jährlich variierende Einflussfaktoren für den Brotweizenpreis bestimmt werden [Ho06]. Der türkische Brotweizenpreis wird durch den Sedimentationswert beeinflusst. Zudem konnten bei weiteren Faktoren wie dem Hektolitergewicht, der Tausendkornmasse, dem Feuchtklebergehalt, dem Anteil von fremdem Material sowie dem Anteil von Weizen anderer Klassen regional unterschiedliche Beziehungen zum Brotweizenpreis ermittelt werden [Ka09]. Für Deutschland konnten Proteingehalt, Fallzahl und Nachfrage nach Brotweizen als Einflussfaktoren auf den Preisunterschied zwischen Brot- und Futterweizen identifiziert werden. Zudem ist es sinnvoll aufgrund des negativen, saisonalen Trends des Preisunterschieds bei temporal verteilter Vermarktung Brotweizen vor dem Futterweizen zu verkaufen [Lo15, LG15]. Beim Vergleich des Vermarktungserfolgs bei Weizen und Raps von norddeutschen Landwirten mit Benchmarks konnte gezeigt werden, dass es Betriebe gibt, die besser vermarkten als andere. Allerdings erreichen auch diese Betriebe keinen höheren Preis als im Mittel bei rein zufälliger oder zeitlich gleichmäßig verteilter Vermarktung über die Saison [LH17, LH16]. Die Nutzung von Preisabsicherungsinstrumenten durch Getreideproduzenten in Deutschland wurde mit einem Discrete-Choice-Experiment untersucht. Hierbei konnten Einflüsse von Preiserwartung, Risikoeinstellung und das Vorhandensein einer Lagerkapazität determiniert werden [An14].

Die Informationsnutzung bei der Vermarktung von Getreide wurde bis jetzt erst in drei Arbeiten betrachtet. In Amerika wurde zum einen der Zusammenhang von fundamentalen und technischen Informationen mit der Vermarktungsentscheidung bei Weizen untersucht. Dabei konnte eine negative Beziehung zwischen Futures-Preisen als fundamentale Informationen und der Vermarktungshäufigkeit ermittelt werden. Für Empfehlungen von Marktberatungsservices als technische Informationen konnte nur in einer von drei Regionen ein Zusammenhang ermittelt werden und dieser entspricht dem Gegenteil von dem, was die Empfehlungen besagen und somit erwartet werden würde [KBA08]. Zum anderen wurden u. a. die Informationsquellen von Landwirten für den Verkauf von Getreide analysiert. Als Primärquellen wurden Genossenschaften, private Unternehmen, kommerzielle Newsletter, Broker sowie Familie und Freunde genannt. Bei den Sekundärquellen handelt es sich vor allem um landwirtschaftliche

Zeitschriften, andere Landwirte, USDA News und wiederum Freunde und Familie, Genossenschaften, private Unternehmen und Broker [FB89]. In Deutschland wurde die Informationsnutzung bisher in einer qualitativen Studie untersucht, die einen heterogenen Informationsbezug ergab. Einige Landwirte bauen eher auf ihre eigene Expertise oder Beratungsunternehmen, andere Landwirte vertrauen lokalen Händlern [Sc11].

3 Inhaltliche Umsetzung

Für Landwirte existieren bereits einige Angebote, über die Markt- und Preisinformationen bezogen werden können. Beispiele sind die Apps der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK Betriebe), der BayWa (Agri-Check) sowie Informationsdienste wie Agrarfax oder Angebote verschiedener Warenterminhändler, die Informationen online, per Mail oder per Fax bereitstellen. Bei MIA handelt es sich um eine Internetplattform, über die u. a. Markt- und Preisinformationen bereitgestellt werden. Darüber hinaus bietet MIA Möglichkeiten zur Vermarktungsplanung und Verkaufserfassung sowie eine Prognose über die Preisentwicklung von Brotweizen und Raps. Zusätzlich ist die Einrichtung eines Preisalarms für die Erzeugerpreise möglich. Dieser schickt bei Überschreitung eines individuell festgelegten Preises für verschiedene Rohstoffe eine Benachrichtigung per E-Mail oder SMS.

Über MIA werden die Erzeugerpreise für Raps und Weizen in Schleswig-Holstein von der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein und die Warenterminmarktnotierungen aus Chicago und Paris zur Verfügung gestellt. Es werden kurze Nachrichten zum aktuellen Marktgeschehen vom Hansa-Terminhandel über die Plattform angeboten. Die Nachrichten werden durch eine Auflistung und Verlinkung von Berichten ergänzt. Dazu zählen die Berichte vom USDA und dem EU Crops Market Observatory.

Für die Vermarktungsplanung steht ein Formular zur Verfügung, in das Menge, Qualität und geplantes Datum der Vermarktung eingetragen werden können. Die Daten werden auf einem Zeitstrahl dargestellt. Am Datum des geplanten Verkaufs erhält der Nutzer per E-Mail oder SMS eine Erinnerung. Für getätigte Verkäufe gibt es ein weiteres Formular, in das Menge, Qualität, Preis, Datum, Typ des Vermarktungspartners sowie der Grund für den Verkauf eingetragen werden können. Die Abfrage des Grundes dient dazu, einen besseren Einblick in die Vermarktung der Landwirte zu erhalten. Die gespeicherten Verkäufe werden wie die Planung als Zeitstrahl angezeigt. Sowohl Planung als auch getätigte Verkäufe lassen sich als CSV-Dateien exportieren. Bei den getätigten Verkäufen besteht zudem die Möglichkeit, das durchschnittliche Vermarktungsergebnis aller MIA-Nutzer zum Vergleich zu betrachten. Auch hier kann ein Vermarktungsalarm gesetzt werden. Dieser benachrichtigt den Nutzer per SMS oder E-Mail, wenn ein festgelegter Anteil des gesamten Lagerbestandes aller MIA-Nutzer verkauft wurde. Auch diesen Grenzwert kann jeder Nutzer individuell einrichten.

MIA bietet die Möglichkeit einfacher Preisprognosen. Jeder Nutzer kann (sollte) einmal pro Monat eine Einschätzung über die Entwicklung des Preises in drei, sechs und neun

Monaten abgeben. Die eigene Angabe sowie der Mittelwert und der Median aller Angaben werden für die Prognosen angezeigt.

Auf der Startseite kann der Nutzer sich einen individuellen Schnellzugriff auf verschiedene Unterseiten einrichten. Weitere Informationen werden dort aus Gründen der Übersichtlichkeit und zur genaueren Erfassung der Informationsnutzung nicht dargestellt. Durch den Aufruf von Unterseiten, um Informationen zu erhalten, kann die Nutzung von Informationen besser voneinander getrennt und somit erfasst werden. Für jede Unterseite können so Betrachtungsdauer und Häufigkeit des Unterseitenaufrufs als Approximation für die Nutzung der darauf bereitgestellten Informationen bestimmt werden.

4 Technische Umsetzung

Für die Programmierung von dynamischen Webseiten gibt es eine Vielzahl von Sprachen wie Perl, Java oder PHP. Für die Umsetzung von MIA wurde PHP ausgewählt, welche die am weitesten verbreitete Skript-Sprache ist [Ga08]. Für die Entscheidung spricht, dass das Rechenzentrum der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel Möglichkeiten für das Hosting zur Verfügung stellt. Zudem ist PHP mit der MySQL Datenbank kompatibel. Die gesamte Webseite verfügt über eine SSL-Verschlüsselung, um eine sichere Datenübertragung zu gewährleisten [Ni15].

Die Gestaltung einer App-ähnlichen Oberfläche ist durch die Nutzung des open-source HTML-Frameworks Framework7 möglich. Das Framework bietet Designelemente für iOS und Android, die über HTML, CSS und JavaScript eingebunden werden können [Fr16]. MIA wurde für die Nutzung mit Smartphones optimiert, kann aber auch über Personal Computer gleichermaßen genutzt werden.

Zum Monitoring des Verhaltens auf der Webseite wird die Analyseplattform Matomo verwendet. Matomo bietet im Vergleich zu anderen Analysemöglichkeiten wie Google Analytics den Vorteil, dass die Daten auf dem eigenen Server – in diesem Fall den Servern des Rechenzentrums der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel – gespeichert werden können und nicht in den Zugriff Dritter gelangen [Ma18].

5 Datenerhebung

Die Nutzung der Webseite durch Landwirte wurde Anfang Oktober 2018 gestartet und soll zunächst mit einer geschlossenen Gruppe von 100-200 Landwirten aus Schleswig-Holstein stattfinden. Die Anwerbung von Landwirten erfolgte über eine landwirtschaftliche Unternehmensberatung, die ein Informationsblatt zu MIA an ihre Mitglieder weitergeleitet hat.

Mit Hilfe der Webseite sollen zwei Arten von Daten erhoben werden. Zum einen werden die Angaben der MIA-Nutzer zu ihrer betrieblichen Vermarktung erfasst. Dabei werden das Datum der Vermarktung, Menge und Preis sowie der Typ des Vermarktungspartners und der Grund für den Verkauf abgefragt. Zum anderen wird die Nutzung der Webseite aufgezeichnet. Hierbei werden unter anderem die Häufigkeit des Aufrufs von einzelnen Seiten und die Aufenthaltsdauer berücksichtigt. Außerdem soll jeder Nutzer einen Fragebogen am Beginn der Nutzung ausfüllen, der über die betriebliche Ausgangssituation und Ziele Auskunft gibt.

Interessierte Landwirte können sich einfach mit ihrer E-Mail-Adresse und einem eigenen Passwort unter Angabe der ersten drei Stellen ihrer Postleitzahl für die Nutzung von MIA registrieren. Die Postleitzahl dient dabei der Identifikation von Landwirten aus Schleswig-Holstein. Nach der Registrierung für MIA erfolgt zudem eine Weiterleitung zu einem kurzen Fragebogen. Mit diesem Fragebogen werden zum einen Informationen zur bisherigen betrieblichen Vermarktung und Informationsnutzung abgefragt. Zum anderen werden persönliche und betriebliche Eigenschaften erfasst. Bei den persönlichen Eigenschaften werden neben soziodemografischen Eigenschaften auch Risikoeinstellung und Entscheidungsstil berücksichtigt. Bei den betrieblichen Eigenschaften werden außer Größe und angebauten Getreidearten auch die durchschnittlichen Vermarktungsergebnisse für Weizen und Raps abgefragt.

6 Grenzen und Herausforderungen

Ein Nachteil der Erfassung der Vermarktung und der Informationsnutzung mit Hilfe von MIA ist die Abhängigkeit von der Teilnahmebereitschaft der Landwirte. Landwirte müssen bereit sein, sich auf der Webseite zu registrieren. Im Laufe der Zeit muss zudem eine regelmäßige Nutzung der Informationen und der Vermarktungstools erfolgen, um eine auswertbare Datengrundlage zu generieren. Außerdem stellt das Tracking der Webseitennutzung nur eine Approximation der Informationsnutzung bei der betrieblichen Vermarktung dar, da nur Online-Informationen der Informationsplattform erfasst werden. Um diese Informationen zu ergänzen, wird beim Startfragebogen nach bisher genutzten Informationen und den Bezugsquellen dieser Informationen gefragt. Zudem wird bei jeder Erfassung einer Vermarktung mittels MIA nach dem Grund für die Vermarktung gefragt.

Literaturverzeichnis

- [An14] Anastassiadis, F., Feil, J.H., Musshoff, O., Schilling, P.: Analysing Farmers' Use of Price Hedging Instruments: An Experimental Approach. *Journal of Agricultural & Food Industrial Organization*, 12.1, S.181-192, 2014.
- [Be87] Berg, E.: A sequential decision model to determine optimal farm-level grain marketing policies. *European Review of Agricultural Economics*, 14, S. 91-116, 1987.
- [BL95] Blakeslee, L., Lone, T.A.: Modelling optimal grain-marketing decisions when prices are generated autoregressively. *European Review of Agricultural Economics*, 22, S. 87-102, 1995.

- [Bm18] BMEL, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Agrarpolitik/_Texte/GAP-Geschichte.html, Stand 25.03.2018.
- [FB89] Ford, S.A., Babb, E.M.: Farmer Sources and Uses of Information. *Agribusiness*, 5.5, S. 465-476., 1989.
- [FL02] Fackler, P.L., Livingston, M.J.: Optimal Storage by crop producers. *American Journal of Agricultural Economics*, 84.3, S. 645-659, 2002.
- [Fr16] Framework7, <https://framework7.io/docs/introduction.html>, Stand 14.10.2018.
- [Ga08] Garcia, J.E.: Aspect-oriented web development in PHP. Doctoral Symposium on Informatics Engineering DSIE, 8, 2008.
- [Ho06] Hollins, P.D., Kettlewell, P.S., Parsons, S.T., Atkinson, M.D.: The impact of supply, demand, and grain quality on the UK bread and feed wheat price differential in the UK. *Journal of Agricultural Science*, 144, S. 411-419, 2006.
- [Ka09] Karaman, S., Cetin, B., Guzlar, A., Yagdi, K.: Hedonic price estimation for the Turkish bread wheat characteristics. *Quality & Quantity*, 43.6, S.95-902, 2009.
- [KBA08] Klumpp, J.M., Brorsen, B.W., Anderson, K.B.: Market Advisory Service Recommendations and Wheat Producers' Selling Decisions. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 56, S. 117-128, 2008.
- [LG15] Loy, J.P., Glaben, T.: Saisonale Preisaufschläge für Brotweizen: Ursachen und Implikationen für die Vermarktung. *Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie*, 24, S. 111-120, 2015.
- [LH16] Loy, J.P., Holzer, P.: Messung des Vermarktungserfolgs. In: Ruckelshausen, A. et al: Referate der 36. GIL-Jahrestagung in Osnabrück - Intelligente Systeme - Stand der Technik und neue Möglichkeiten. S. 113-117, 2016.
- [LH17] Loy, J.P., Holzer, P.: Wie sinnvoll ist Benchmarking zur Bewertung des Vermarktungserfolgs auf landwirtschaftlichen Rohstoffmärkten? *Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie*, 26, S. 3-12, 2017.
- [Lo08] Loy, J.P.: Scientific Assistance in Grain Marketing Decisions. Contributed Paper presented at IAMO Forum 2008, 2008.
- [Lo15] Loy, J.P., Holm, T., Steinhagen, C. und Glaben, T.: Seasonal Quality Premiums for Wheat: A Case Study for Northern Germany. *Agribusiness*, 31.1, S. 63-75, 2015.
- [LP09] Loy, J.P., Pieniadz, A.: Optimal grain marketing revisited: A German and Polish perspective. *Outlook on Agriculture*, 38.1, S. 47-54, 2009.
- [Ma18] Matomo, www.matomo.org/what-is-matomo/, Stand 22.08.2018.
- [Ni15] Nixon, R.: *Learning PHP, MySQL & JavaScript with jQuery, CSS & HTML5*. 4. Auflage, O'Reilly Media, Cambridge u.a., 2015.
- [Sc11] Schulze, B.: Dynamic Markets – Dynamic Relationships: The Example of Grain Marketing in Germany. *Proceeding in Food System Dynamics*, S. 100-109, 2011.

Validierung der Accelerometer- und GPS-gestützten Erfassung des Verhaltens sowie des Aufenthaltsbereichs von Pferden in Offenlaufställen

Elisabeth Quendler, Ursula Freisler, Sophie Schaffernicht, Christoph Winckler¹ und Thomas Bauer²

Abstract: Zur Erfassung von tierischem Verhalten können direkte und indirekte Beobachtungsmethoden gewählt werden. Ziel dieser Arbeit war es, das Verhalten und die Aufenthaltsorte von Pferden in zwei unterschiedlichen Offenlaufställen mit digitalen Geräten zu erfassen und die Messsensorik in ihrer Aufzeichnungsqualität zu überprüfen. Die Untersuchung fand auf zwei Versuchsbetrieben mit jeweils vier Pferden unterschiedlichen Alters und unterschiedlicher Rassen statt. Für die Erfassung des Liegeverhaltens wurden HOBO Pendant G Datenlogger mit einem Aufzeichnungsintervall von 30 Sekunden und der Aufenthaltsorte vier Wintec WBT-202 GPS-Geräte gewählt. Die Übereinstimmung der sensorgestützt erhobenen Informationen mit den Ergebnissen der Videoanalyse wurde mit der Cohens-Kappa bestimmt. Mittelwertvergleiche für Aktivitäts- und Aufenthaltsunterschiede sowie Detektionsunterschiede derselben verwendeten Sensoren wurden mittels einfacher Varianzanalyse durchgeführt. Die Pferde verbrachten im Mittel 90 % des Tages im Stehen sowie Gehen und 10 % im Liegen. Im wenig strukturierten Versuchsbetrieb A hielten sie sich zu 92 % im Auslauf auf und nutzten den Stall nur zu 5 %. Im besser strukturierten Versuchsbetrieb B wurden der Auslauf, der überdachte Fressbereich und der Stall zu annähernd gleichen Zeitanteilen (37 % Auslauf, 32 % Stall und 23 % Fressplatz) genutzt. Die Analyse der vier HOBO Pendant G Datenlogger ergab für beide Versuchsbetriebe Kappa-Koeffizienten zwischen 0,85 und 0,95, die eine gute Übereinstimmung der Liegelogger mit den Videoaufzeichnungen belegten, wobei auch signifikante Aufzeichnungsunterschiede für Liegen und Stehen nach verwendeten Geräten gegeben waren. Die GPS-Logger lieferten aufgrund hoher Signalverluste und -verzerrungen lückenhafte und unvollständige Daten zu den Aufenthaltsbereichen der Pferde. In der Signalstärke der GPS-Logger, die unabhängig von der Richtigkeit des erfassten Aufenthaltes überprüft wurde, zeigten sich auch signifikante Unterschiede.

Keywords: Pferde, Offenlaufställe, Datenlogger, GPS, Pedometer

1 Einleitung

Aussagen über die Tiergerechtigkeit von Haltungsbedingungen erfordern neben der Berücksichtigung von Tiergesundheit und physiologischen Indikatoren die Erfassung

¹ Universität für Bodenkultur, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien
elisabeth.quendler@boku.ac.at; uschi.freisler@gmx.at, sophie.schaffernicht@boku.ac.at;
christoph.winckler@boku.ac.at

² Universität für Bodenkultur, Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur, Peter-Jordan-Straße 82,
1190 Wien, t.bauer@boku.ac.at

und Auswertung von verschiedenen Verhaltensweisen. Zur Tierbeobachtung wird in der Forschung zunehmend auf digitale Erfassungstechnik zurückgegriffen, die eine exakte und zuverlässige Aufzeichnung des gezeigten Verhaltens zum Ziel hat.

Die zwei typischen Haltungssysteme der Pferdehaltung sind die Einzel- und Gruppenhaltung [PAZ08]. Etliche Studien über die Bewegungsaktivität bestätigen, dass Pferde, die in Einzelboxen gehalten werden, deutlich weniger Bewegungsaktivität aufweisen als Pferde in Gruppenhaltungssystemen.

Das Ruheverhalten der Pferde folgt einem polyphasischen Tagesrhythmus, was bedeutet, dass Pferde über den 24-Stunden-Tag in mehreren kürzeren Ruheperioden ruhen. Erwachsene Pferde ruhen zwischen fünf und sieben Stunden am Tag und verbringen davon zirka 80 % im Stehen und nur 20 % im Liegen.

Der Einsatz von Videotechnik zur Verhaltensbeobachtung von Tieren (z. B. hinsichtlich Liegen, Stehen, Bewegen) ist eine gängige Methode. Zur Erfassung der Aktivität der Tiere haben sich in der Praxis teils auch Techniken zur Aktivitätsmessung bewährt. In bisherigen Studien an Pferden und Rindern wurden häufig ALT-Pedometer® (ALT steht für Aktivität, Liegen und Temperatur), welche die Position (Stehen, Liegen oder Bewegen) und die Temperatur erfassen können, verwendet [Sc12; AB11; BWH14; Bo08; Ba07; RSH10; Fr94]. Zur Differenzierung von Liegen und Stehen sowie Gehen wurde von Ledgerwood et al. [LWT10] die Erfassungsgenauigkeit von Hobo Pendant G Datenlogger (Onset Computer Corporation, USA) bei 24 Milchkühen getestet. Nach einem ähnlichen Prinzip arbeitet auch der Gemini Tinytag® Datenlogger (Chichester, UK), der mit einem Winkelmessgerät die Beinposition (vertikal oder horizontal) des Tieres misst.

Zur Positionsbestimmung und Verhaltensdifferenzierung – Dokumentation der Bewegungshäufigkeit und -dauer – werden kostengünstige GPS- und Beschleunigungssensoren in der Pensionspferdehaltung als Dienstleistungsangebot den Pferdebesitzern offeriert.

Ziel dieser Studien war es daher, Beschleunigungs- und GPS-Sensoren hinsichtlich der zuverlässigen Erfassung des Verhaltens (Liegen, Stehen, Bewegen) sowie der Aufenthaltsorte von Pferden in Offenlaufställen mittels Videoaufzeichnungen zu validieren.

2 Tiere, Material und Methoden

Für die Untersuchung standen zwei Untersuchungsbetriebe zur Verfügung, die sich in der Stallkonstruktion erheblich unterschieden. Betrieb A lag im südöstlichen Niederösterreich, hatte einen Offenstall aus Holz und war ein Einstellbetrieb für etwa 30 Pferde und aus Holz konstruiert. Versuchsstall B befand sich in derselben Region und hatte eine große, überwiegend aus Beton gebaute, tief eingestreute Liegehalle und

beherbergte acht Pferde.

Der Versuch fand auf beiden Betrieben mit jeweils vier Pferden zeitlich nacheinander statt. Die Versuchsdauer betrug pro Betrieb sechs Tage, wobei der Versuch am Tag 1 jeweils um 10 Uhr startete und am Tag 6 um 15 Uhr endete. An den Tagen 2 bis 5 wurde jeweils über 24 Stunden aufgezeichnet.

Zur Positionsbestimmung und Verhaltensdifferenzierung wurden GPS-, Beschleunigungssensoren und die Videoanalyse gewählt, die in ihrer Aufzeichnungsqualität vergleichend evaluiert wurden. Um die Position der Tiere zu bestimmen, wurden vier handelsübliche GPS (Global Positioning System)-Geräte der Marke Wintec verwendet, die in der Praxis als Tracker von Pferden auf Pensionspferdebetrieben (Pferdeortung) im Einsatz sind.

Für die Aufzeichnung von Stehen und Gehen sowie Liegen der Pferde wurden vier Hobo Pendant G Datenlogger der Firma Onset Computer Corporation, USA (im Weiteren kurz Liegelogger genannt) mit einem Aufzeichnungsintervall von 30 Sekunden genutzt.

Das Anbringen der GPS-Sensoren erfolgte bei zwei Pferden mit Halsriemen (Betrieb A), die während des gesamten Versuchszeitraumes am Pferd blieben. Bei den übrigen sechs Pferden wurden die GPS- und Liege-Logger mit Bandagen am Vorder- und am Hinterbein fixiert.

Um das Verhalten der Pferde zeitgenau zu erfassen und damit die Erfassungsqualität der anderen Sensoren auf Basis dieser Aufnahmen zu evaluieren, wurden in beiden Versuchsbetrieben Kameras installiert. Es wurden Kameras der Marke Sanyo (Sanyo VCC-HD2300P, 1/3" T/N-Full HD Megapixelkamera) verwendet, die in staub- und feuchtigkeitsfesten Gehäusen montiert waren. Die Kameras wurden zusätzlich mit Infrarotscheinwerfern (LIR-T120, LIR-T80 und LIR-T60) ausgestattet, um eine 24-Stunden-Beobachtung zu gewährleisten. Für die Analyse der Videoaufnahmen wurde eine spezielle Software (Interact 9, Mangold International GmbH) für das Codieren von Verhaltensmustern herangezogen.

Das Programm ermöglichte eine Cohen's-Kappa-Analyse, die den Vergleich von zwei voneinander unabhängigen Verhaltensbeobachtungen ermöglichte. Zusätzlich zur Kappa-Analyse erfolgte eine statistische Analyse mit SAS 9.2.

Die Rohdaten wurden auf Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Test) und Varianzhomogenität (Levene-Test) geprüft. Als analytisches Testverfahren für Aktivitäts- und Aufenthaltsunterschiede der beiden Gruppen (Versuchsbetrieb A und B) sowie der Detektionsqualitätsunterschiede der Geräte und des Einflusses der unterschiedlichen Stallkonstruktionen wurde die einfache Varianzanalyse (mit dem multiplen Mittelwertsvergleich nach Tukey Kramer) gewählt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Pferde beider Versuchsbetriebe verbrachten im Mittel 90 % des Tages im Stehen und 10 % im Liegen. Im wenig strukturierten Versuchsbetrieb A hielten sie sich zu 92 % im Auslauf auf und nutzten den Stall nur zu 5 %, die übrige Zeit waren diese an der Tränke und am Fressplatz (3 %). Im besser strukturierten Versuchsbetrieb B wurden der Auslauf, der überdachte Fressbereich und der Stall zu annähernd gleichen Zeitanteilen (37 % Auslauf, 32 % Stall und 23 % Fressplatz, 9 % Tränke) genutzt.

Im nicht strukturierten Versuchsstall A lagen die Tiere bis zu sechsmal täglich deutlich öfter, aber mit durchschnittlich 22,9 Minuten auch je Liegephase kürzer als die Pferde im Versuchsstall B, die sich durchschnittlich nur dreimal, dafür aber für jeweils im Mittel 45,5 Minuten zum Ruhen hinlegten.

Die Liegelogger-Werte der vier Liegelogger stimmten in 9.939 bis 10.417 Aufzeichnungspunkten je Pferd über vier Aufzeichnungstage mit dem vom Video ermittelten Stehverhalten sowie 808 bis 1.397 im Liegeverhalten je Pferd überein. In lediglich 87 bis 138 Fällen je Pferd zeigte der Liegelogger für Stehen sowie in 33 bis 101 Fälle je Pferd für Liegen der vier Aufzeichnungstage eine vom Video abweichende Körperposition an. Die Zuverlässigkeit der Liegelogger in der Aufzeichnung der richtigen Körperposition des Pferdes kann nach den vorliegenden Kappa-Koeffizienten für die Geräte 1 bis 4 als ausgezeichnet eingestuft werden, wobei signifikante Unterschiede in der Detektionsqualität nach den Geräten gegeben waren.

Gerät Nr.	k-Koeffizient					
	Stall A			Stall B		
	$\bar{x} \pm \sigma$	Min	Max	$\bar{x} \pm \sigma$	Min	Max
1	0,92 ± 0,02	0,91	0,95	0,95 ± 0,02	0,93	0,97
2	0,85 ± 0,03	0,83	0,89	0,90 ± 0,03	0,87	0,93
3	0,92 ± 0,02	0,90	0,95	0,88 ± 0,02	0,85	0,89
4	0,94 ± 0,02	0,91	0,96	0,88 ± 0,06	0,80	0,93

Tab. 1: Kappa-Koeffizienten der Interrater-Reliabilität zwischen Liegelogger und manuell kodierter Videoaufzeichnung von Versuchsstall A und B sowie deren Standardabweichung, Minima (Min) und Maxima (Max) über vier Aufzeichnungstage

Über die gesamte Aufzeichnungsphase traten bei keinem Gerät Ausfälle auf. Mit baugleichen Loggern stellten auch Ito et al. [IWK09] eine hohe Übereinstimmung mit dem Liegeverhalten von 50 Milchkühen fest.

Im Fall der GPS-Geräte 1 bis 4 stimmten von 103 bis 298 dokumentierten GPS-basierten Aufenthaltsorten je Pferd außerhalb des Offenfrontstalles von Versuchsstall A nur 98 bis 219 der vier Aufzeichnungstage überein. Im Auslauf des Versuchsstalls A deckten sich von 1.575 (Gerät 3) bis 11265 (Gerät 1) GPS-dokumentierten Aufenthaltsorten 1.434 bis 10.735. Ähnliche Situationen trafen auf die anderen Aufenthaltsbereiche (Futterstelle,

Tränke, Stall) sowie jene des Versuchsstalls B, bei dem es noch schlechtere Übereinstimmungen, bedingt durch die anderen Konstruktionsmaterialien (Beton, Stahl), bei denselben Geräten gab, zu. Diese sind auch über die nachfolgend angeführten Kappa-Koeffizienten belegt.

Nur bei drei von insgesamt 8 GPS-Aufzeichnungen überschritt der Kappa-Koeffizient, der den Grad der Übereinstimmung mit der manuell kodierten Videoaufzeichnung beschreibt, den Grenzwert von 0,4 für eine mittelmäßige aussagekräftige Übereinstimmung.

Gerät Nr.	k-Koeffizient					
	Stall A			Stall B		
	$\bar{x} \pm \sigma$	Min	Max	$\bar{x} \pm \sigma$	Min	Max
1	0,44 ± 0,13	0,36	0,64	0,36 ± 0,08	0,30	0,48
2	0,40 ± 0,21	0,35	0,44	0,23 ± 0,09	0,16	0,35
3	0,51 ± 0,17	0,41	0,76	0,23 ± 0,03	0,20	0,26
4	0,35 ± 0,03	0,3	0,37	0,31 ± 0,05	0,24	0,37

Tab. 2: Kappa-Koeffizienten der Interrater-Reliabilität zwischen GPS und manuell kodierter Videoaufzeichnung von Versuchsstall A und B sowie deren Standardabweichung, Minima (Min) und Maxima (Max)

Die geringste Interrater-Reliabilität erzielten die Geräte 2 und 3 im Versuchsstall B mit $k=0,23$. Den besten Wert von $k=0,51$ erreichte Gerät 3 im Versuchsstall A. Die Zuverlässigkeit der Aufzeichnung der Aufenthaltsorte der Pferde mit dem GPS-Gerät ist nach vorliegender Kappa-Analyse als sehr gering einzustufen. Das GPS-Gerät 1 erzielte in beiden Ställen die zuverlässigste Aufzeichnungsquote und hob sich signifikant von den anderen Geräten in der Aufzeichnungsqualität im Auslauf- und Stallbereich in beiden Versuchsbetrieben ab.

Signifikante Unterschiede ergaben sich auch zwischen den Geräten im Auslaufbereich beider Versuchsbetriebe und im Stallbereich des Versuchsbetriebes B. Gerät 1 hob sich signifikant von den anderen Geräten in der Aufzeichnungsqualität ab. Die Geräte 2 bis 4 zeigten in beiden Ställen einen häufigen Signalverlust, der eine genaue Lokalisation der Pferde unmöglich machte. Lediglich Gerät 1 zeichnete vergleichsweise zuverlässig auf und zeigte nur selten Signalverzerrungen und Aussetzer.

Literaturverzeichnis

- [AB11] Alsaod, M.; Büscher, W.: Sensor based lameness detection in dairy cows through measuring pedometric activity and lying behaviour. International Society for Animal Hygiene, 88, 2011.
- [BWH14] Bachmann, M., Wensch-Dorendorf, M.; Hoffmann, G.: Pedometers as supervision tools for mares in the prepartal period. Applied Animal Behaviour Science, 151: 51-60. 2014.
- [Ba07] Bahr, C.: Ausscheide- und Ruheverhalten von Pferden in Offenlaufstall- und

- Boxenhaltung. Dissertation, Technische Universität München, 2007.
- [Bo08] Borchers, M.: Untersuchungen zur Eignung des ALT-Pedometers als Fohlengeburtmelder. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, 2008.
- [Fa01] Fader, C.: Ausscheide- und Ruheverhalten von Pferden in Offenlaufstall- und Boxenhaltung. Dissertation, Technische Universität München, 2001.
- [Fr94] Frentzen, F.: Bewegungsaktivitäten und -verhalten von Pferden in Abhängigkeit von Aufstallungsform und Fütterungsrhythmus unter besonderer Berücksichtigung unterschiedlich gestalteter Auslaufsysteme. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, 1994.
- [IWK09] Ito, K.; Weary, D.M.; von Keyserlingk, M.A.G.: Lying behavior: Assessing within- and between-herd variation in free-stall-housed dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92 (9): 4412-20, 2009.
- [LWT10] Ledgerwood, D.N.; Winckler, C.; Tucker, C.B.: Evaluation of data loggers, sampling intervals, and editing techniques for measuring the lying behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 93 (11): 5129-39, 2010.
- [PAZ08] Pirkelmann, H.; Ahlswede, L.; Zeitler-Feicht, M.: *Pferdehaltung*. Eugen Ulmer, 2008.
- [RSH10] Rose-Meierhöfer, S.; Standke, K.; Hoffmann, G.: Auswirkungen verschiedener Gruppengrößen auf Bewegungsaktivität, Body Condition Score, Liege- und Sozialverhalten bei Jungpferden. *Züchtungskunde*, 82: 282 – 291, 2010.
- [SF02] Sambras, H. H.; Fader, C.: Das Ausruhverhalten von Pferden in Offenlaufställen. *KTBL-Schrift*, Nr. 418: 109-418, 2002.
- [Sc12] Schlender, K.: Methodischer Vergleich zur Erfassung von Verhaltensdaten beim Pferd unter besonderer Berücksichtigung einer hochpräzisen Echtzeitpositionserfassung. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen, 2012.

Direktvermarktung über eine Marktschwärmerei* – Ergebnisse aus Experten- und Verbraucherbefragungen

Guido Recke¹, Lena Wortmann¹, Ulrich Enneking¹ und Victoria Wende¹

Abstract: In der Direktvermarktung hat sich in den letzten Jahren mit dem Vermarktungskonzept der Marktschwärmer ein neuer Online-Vermarktungsansatz etabliert. Für Direktvermarkter und Verbraucher stellt sich bei dieser Vermarktungsform die Frage, welche Vor- bzw. Nachteile diese gegenüber anderen Vermarktungsformen bietet. Anhand von qualitativen, leitfadengestützten persönlichen Interviews mit Experten und Verbrauchern und einer repräsentativen Onlineerhebung mit Verbrauchern konnten erste Erkenntnisse zu den Vor- und Nachteilen dieses neuen Vermarktungsansatzes und Hinweise auf die potenziellen Zielgruppen bei den Verbrauchern ermittelt werden.

Keywords: Marktschwärmer, Direktvermarktung, Zielgruppen, Regionalvermarktung

1 Einleitung

Einige Regional- und Direktvermarktungsansätze weisen einige Nachteile im Bereich Verteilungslogistik, interne Vernetzung [Bu13] aber auch in Bezug auf Produktkommunikation und Konsumentenansprache [Ha10] auf. Eine Alternative ist der Vertrieb über das Internet, der sich in den letzten Jahren stetig weiterentwickelt hat. Hier setzt die Vermarktungsform der Marktschwärmerei an, die ein Einkaufserlebnis mit der Nutzung einer Internetplattform per Onlinebestellung verbindet. Der persönliche Dialog zwischen Erzeugern und Verbrauchern wird mit einer im Wesentlichen über das Internet laufenden gezielten Kundenansprache und Produktkommunikation ergänzt. Erste Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit zeigen, dass die Vermarktung über eine Marktschwärmerei sowohl für in die Direktvermarktung einsteigende Betriebe als auch für schon direktvermarktende Betriebe bei entsprechenden Umsätzen durchaus wirtschaftlich sein kann [RWP18]. Die vorliegenden Ergebnisse verdeutlichen, welche Faktoren auf Erzeuger- und Verbraucherseite beachtet werden müssen, damit das Konzept der Marktschwärmerien erfolgreich fortgeführt werden kann.

¹ Hochschule Osnabrück, Fachgebiet Landwirtschaftliche Betriebswirtschaftslehre und Fachgebiet Agrarmarketing, Am Krümpel 31, 49090 Osnabrück, g.recke@hs-osnabrueck.de
* <https://marktschwaermer.de/>

Das Projekt „Innovative Direktvermarktungswege für Niedersachsen (IDOOOL) ist gefördert durch Mittel des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und des Landes Niedersachsen Programmgebiet Stärker entwickelte Region (SER); Förderperiode 2014 – 2020.

2 Datengrundlage und methodischer Ansatz

Auf Basis von qualitativen, leitfadengestützten persönlichen Interviews mit 16 Experten auf dem Gebiet der innovativen Direktvermarktung bzw. Marktschwärmereien und 12 Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Osnabrücker Marktschwärmerei sowie einer bevölkerungsrepräsentativen Onlineerhebung bei 1.050 Verbrauchern in Deutschland, die mit einer Clusteranalyse analysiert wurde, ist untersucht worden, wann diese Form der Direktvermarktung für Erzeuger interessant sein kann und welche Typen von Verbrauchern potenzielle Zielgruppen für das Marktschwärmer-Konzept sind.

3 Ergebnisse

Anhand der Expertenbefragungen wurden folgende Vorteile für Direktvermarkter identifiziert. Die Vermarktung über eine Marktschwärmerei weist niedrige Investitionskosten, einen verhältnismäßig geringen Zeitaufwand und dadurch geringe Einstiegsbarrieren auf. Des Weiteren können auch Synergieeffekte, wie zum Beispiel die Gewinnung von Neukunden für parallellaufende Direktvermarktungsaktivitäten oder die Entstehung eines Kollegennetzwerkes, durch den Verkauf in der Schwärmerei beobachtet werden. Nachteilig und begrenzend können das oft niedrige Verkaufsvolumen und die fehlende Laufkundschaft sein. Darüber hinaus kann ein gut ausgebautes Super- und Wochenmarktnetz zu einer Konkurrenzsituation führen. Es fehlen auch kommunizierbare Qualitätskriterien, die ein Abheben von anderen Direktvermarktungsformen sowie ein erfolgreiches Marketing erleichtern würden. Außerdem gibt es eine regionale Eingrenzung, innerhalb derer die beteiligten Betriebe liegen müssen. Zielgruppe der teilnehmenden Betriebe sind hauptsächlich kleine bis mittlere Betriebe, die besondere Produkte anbieten können, mit denen sie sich von anderen Direktvermarktern abheben. Nach Einschätzung der Experten sind folgende Faktoren von großer Bedeutung für das erfolgreiche Bestehen einer Marktschwärmerei: der Standort, die Kompetenzen des Gastgebers und das Produktsortiment. Der Standort sollte so gewählt werden, dass er in unmittelbarer Nähe zur Zielgruppe liegt und für Kunden sowohl mit PKW, Rad als auch zu Fuß gut erreichbar ist. Im Idealfall kommen Kunden in ihrem Alltag automatisch an der Marktschwärmerei vorbei. Der Gastgeber muss sehr gute kommunikative und organisatorische Kompetenzen und ein hohes Engagement aufweisen. Zuletzt sollte das Produktangebot möglichst vielfältig sein und einzigartige Produkte bieten, die die Kunden sonst nicht bekommen. Darüber lässt sich auch ein erhöhtes Preisniveau rechtfertigen und gegenüber der Kundschaft kommunizieren.

Im Rahmen von vorbereitenden qualitativen, leitfadengestützten persönlichen Interviews wurden zunächst die Motivstrukturen aktiver Kundinnen und Kunden der Osnabrücker Marktschwärmerei untersucht. Mit Hilfe der Laddering-Technik konnten die Motivstränge „Regionalität“, „Direktvermarktung“, „Keine Massenproduktion“, „Neue/Besondere Produkte“, „In der Nähe“ und „Online-Bestellen“ identifiziert werden. Hiernach sind konkrete Eigenschaften, die mit der Direktvermarktung im Rahmen des

Marktschwärmer-Konzeptes verbunden werden kurze Transportwege, Bio-Produkte, direkter Kontakt zu den Erzeugern, höhere Preise und kleine Strukturen der Erzeuger. Darüber hinaus werden auch der nah gelegene Standort sowie die Online-Bestellung als konkrete Merkmale mit dem Modell „Marktschwärmer“ assoziiert. Diese Merkmale sind auf grundsätzliche Motive und Werte wie Selbstachtung und Gesundheit, Vertrauen und Sicherheit sowie ein gutes Gewissen zurückzuführen. Darüber hinaus können die Teilnehmer des Marktschwärmer-Konzeptes auch über die Bestellung individueller, wechselnder Produktangebote Erregung und Geltung erlangen. Die auf diesen Ergebnissen aufbauende quantitative Online-Erhebung mit 1.050 Personen in Deutschland wurde mit Hilfe einer Clusteranalyse ausgewertet. Es konnten hier die vier Cluster der „Konservativen Direktvermarktungskäufer“ (29 %), „Karriereorientierten Discountkäufer“ (23 %), „Sozialen Regionalkäufer“ (27 %) und „Umweltbewussten Skeptiker“ (21 %) identifiziert werden. In Abb. 1 werden die Ergebnisse der Clusteranalyse zusammenfassend dargestellt.

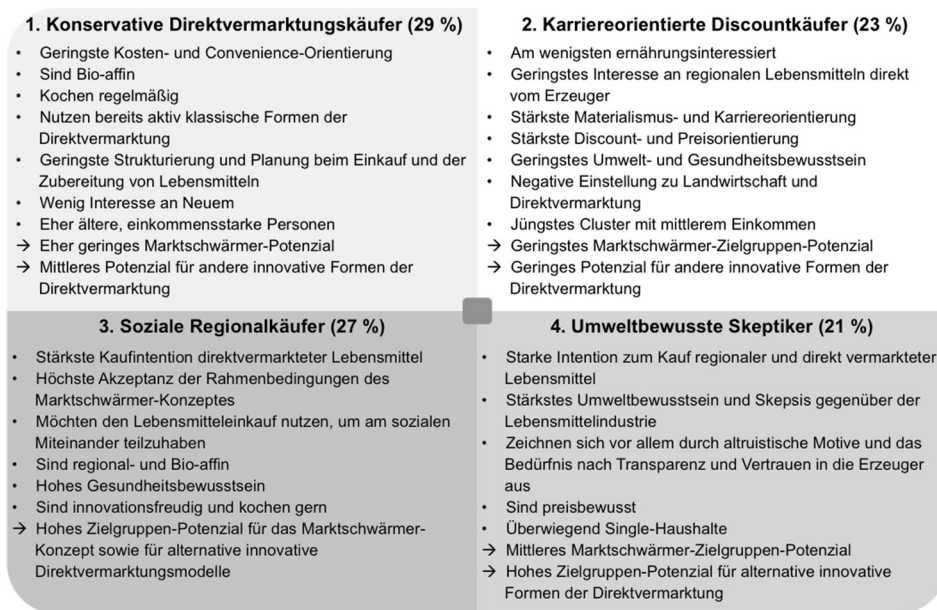


Abb. 1: Kernzielgruppen für das Marktschwärmer-Konzept, Ergebnisse einer Clusteranalyse

Es ist zu erkennen, dass vor allem die „Umweltbewussten Skeptiker“ (21 %) und die „Sozialen Regionalkäufer“ (27 %) für das Marktschwärmer-Konzept offen sind. Als geeignete Kernzielgruppe sollten insbesondere die „Sozialen Regionalkäufer“ fokussiert werden, die daher im Folgenden näher vorgestellt werden. Sie haben die stärkste Intention zum Kauf regionaler und direktvermarkteter Lebensmittel und weisen die stärkste Akzeptanz der Marktschwärmer-Rahmenbedingungen auf. Die „Sozialen Regionalkäufer“ zeichnen sich vor allem durch das Bedürfnis nach sozialem Kontakt und Erleben

während des Einkaufs aus. Die Begegnung der Marktschwärmerkunden beim Gastgeber stellt ein wichtiges Element der Marktschwärmer-Ursprungsidee dar und spielt insbesondere in französischen Marktschwärmereien eine wichtige Rolle. Darüber hinaus sind Mitglieder dieses Segments regelmäßige Käufer von regionalen und Bio-Lebensmitteln. Ihr hohes Gesundheitsbewusstsein, ihre Freude am Kochen und ihre Probierfreudigkeit sind weitere Charakteristika ihres Lebensstils. Die eher familienorientierten „Sozialen Regionalkäufer“ leben überwiegend in Partnerschaft oder sind verheiratet. Zudem sind sie tendenziell etwas älter und der größte Anteil unter ihnen hat einen berufsfachlichen Abschluss. 39 % von ihnen sind sämtlichen Rahmenbedingungen des Marktschwärmer-Konzeptes positiv gegenüber eingestellt, so dass dieses Segment als Kernzielgruppe für das Marktschwärmer-Konzept bezeichnet werden kann.

4 Fazit

Aus den Ergebnissen der empirischen Analysen konnten Potenziale aber auch Ansätze für eine Weiterentwicklung des Konzeptes der Marktschwärmerei ermittelt werden. Die zurzeit in Deutschland sich andeutende eingeschränkte Flexibilität des Konzeptes der Marktschwärmerei kann dabei als Nachteil gesehen werden und es wird sich zeigen, ob sich das Konzept neben anderen Onlineverkaufsformen wie z. B. eigene oder gemeinsame Online-Hofläden oder Cloud-Shopsysteme weiterentwickeln und damit nachhaltig etablieren kann. So wäre es auch aus Sicht der Direktvermarkter und der Kunden wünschenswert, wenn an den Abholpunkten der Marktschwärmereien neben der schon bestehenden Herausgabe der vorbestellten Ware und den Probiermöglichkeiten von Produkten zusätzlich noch ein Verkauf nicht vorbestellter Direktvermarktungsprodukte möglich wäre. Außerdem wäre es vorteilhaft, wenn die Erzeuger einen Zugang zu ihren Verkaufsdaten bekommen könnten, damit über gezielte Marktforschung ein verbessertes Marketing für die jeweilige Direktvermarktung entwickelt werden könnte. Insgesamt könnten so die Potenziale dieser Vermarktungsform besser ausgenutzt werden, auch durch eine klare Fokussierung auf die Kernzielgruppe der „Sozialen Regionalkäufer“.

Literaturverzeichnis

- [Bu13] Burandt, A.; Lang, F.; Schrader, R.; Thiem, A. (2013): Working in Regional Agrofood Networks – Strengthening Rural Development through Cooperation. *Eastern European Countryside* 19, 153-176.
- [Ha10] Hasan, Y. (2010): Kundenzufriedenheit bei der Direktvermarktung landwirtschaftlicher Produkte in Deutschland. Dissertationsschrift. <https://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/binary/HERHUOQNK7Q2BTKHGBFWISECADJ62YK/full/1.pdf>
- [RWP18] Recke, G.; Wende, V.; Polle, S. (2018): Landwirtschaftliche Direktvermarktung über eine Internetplattform: Chancen und Risiken einer Food Assembly: In A. Ruckelshausen et al.: *Digitale Marktplätze und Plattformen, Lecture Notes in Informatics (LNI)*, Gesellschaft für Informatik, Bonn.

Mitarbeiter- und ressourcenorientierte Softwareeinführung

Lösungswege und Erfolgsfaktoren für die Überwindung von Hindernissen bei ERP-Projekten in kleinen Ernährungswirtschaftsunternehmen

Ron Reckin¹, Christin Röpert², Isabell Kuhpfahl³, Anke Fiedler³ und Eckart Kramer³

Abstract: Kleinunternehmen der Ernährungswirtschaft in kleinstrukturierten Regionen stehen bei der Digitalisierung ihrer Prozesse und Einführung einer Warenwirtschaftssoftware (ERP) vor spezifischen Herausforderungen. In der vorliegenden Studie werden die Erfahrungen solcher Unternehmen mit ihren Einführungsprojekten erfragt. Die Ergebnisse geben Verantwortlichen Hinweise für eine adäquate Ausgestaltung von Vorgehensmodellen für die ERP-Einführung bei Kleinst- und Kleinunternehmen. IT-unabhängige Voraussetzungen müssen geschaffen werden, alle betroffenen Mitarbeiter von Beginn an involviert und gemeinsam Ziele definiert werden. Expertenunterstützung bei der Anforderungserhebung und Anbieterauswahl ist zu empfehlen, die Benutzerfreundlichkeit des Systems bei den zentralen Arbeitsaufgaben vorab zu prüfen. Die Projekt- und Zeitplanung sollte mit dem ERP-Anbieter gemeinsam durchgeführt werden und auf realistischen Ressourceneinschätzungen beruhen.

Keywords: Softwareeinführung, Warenwirtschaft, ERP, KMU, Ernährungswirtschaft

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Einführung komplexer betrieblicher Software ist auch für Kleinst- und Kleinunternehmen in der Ernährungswirtschaft künftig unumgänglich, stellt die Verantwortlichen und ihre Mitarbeiter jedoch vor erhebliche Herausforderungen [RFK18]: Die grundlegenden Voraussetzungen müssen erfüllt und Finanzbedarf, Zeitbedarf und Kompetenzvoraussetzungen adäquat adressiert werden. Das Reifegradmodell des Industrie 4.0 Maturity Index von [Sc17] bietet mit den definierten Gestaltungsfeldern Ressourcen, Informationssysteme, Kultur und Organisationsstruktur Ansatzpunkte für Analyse und Schaffung von Digitalisierungsvoraussetzungen und deren folgende Umsetzung. Hierbei spielt die digitale Kompetenz der Mitarbeiter, deren „digitale Befähigung“, eine zentrale Rolle. Nutzertraining und Changemanagement wurden in der umfangreichen Studie von Leyh [Le15] als die wichtigsten kritischen Erfolgsfaktoren bei ERP-Projekten, neben hinreichender Unterstützung durch das Top Management sowie professionellem Projektmanagement, identifiziert. Im Verbundprojekt „Informationsmanagement der Zukunft in regionalen Lebensmittelketten

¹ SIBB e.V., RegioFood_Plus, Potsdamer Platz 10, 10785 Berlin, ron.reckin@sibb.de

² pro agro e.V., Gartenstraße 1-3e, 14621 Schönwalde-Glien, christin@food-mentor.de

³ Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Fachbereich Landschaftsnutzung und Naturschutz, Schicklerstr. 5, 16225 Eberswalde, ekramer@hnee.de; ikuhpfahl@hnee.de

(RegioFood_Plus)⁴⁴ wurde deutlich, dass KMU in diesem Bereich aufgrund der Rahmenbedingungen in kleinstrukturierten Regionen und der Anforderungen durch Regionalvermarktung und Lebensmitteleinzelhandel vor spezifischen Herausforderungen stehen. In einer Umfrage bei kleinen Brandenburger Ernährungswirtschaftsunternehmen [PS18] gaben diese als Beweggründe für Digitalisierung neben den am häufigsten genannten betriebswirtschaftlichen Problemstellungen Prozessoptimierung (91 %), Kosten- und Administrationsreduktion (77 %) oder Wachstum (68 %) auch den Bedarf an Kennzahlen (70 %) sowie Anforderungen durch Handel (59 %), Gesetze (59 %) und Zertifizierungen (49 %) an. In einer Fallstudie [RFK18] wurde die große Bedeutung zielgerichteter Systemschulung und Unterstützung der Mitarbeiter sowie Projektmanagement und Unterstützung durch die Geschäftsführung für den begrenzten Bereich der Ersteintragung von Unternehmensdaten durch Mitarbeiter als wichtige Problemfelder bestätigt. Diese Erkenntnisse sollen nun für ein Gesamtkonzept ERP-Einführung bei Kleinstunternehmen in kleinstrukturierten Regionen erweitert und die zentrale Bedeutung des Umgangs mit knappen Ressourcen und Mitarbeitern besonders herausgearbeitet werden.

2 Methode

Aufbauend auf Untersuchungen von Leyh [Le15] und Stadler [St09] zur Einführung von ERP-Systemen in KMU wurde eine Studie mit Kleinstunternehmen der Ernährungswirtschaft in Brandenburg durchgeführt. Erfragt wurden die Erfahrungen und Vorgehensweisen bei ihrer ERP-Einführung und insbesondere ihre Einschätzung der Relevanz von Erfolgsfaktoren, Problemfeldern und digitalen Kompetenzen. Für Fragestellung und Kontext relevante Fragen wurden der Studie von Stadler [St09] entnommen und durch eigene Items und qualitative Fragen ergänzt. Der resultierende Fragebogen wurde in einer Pilotstudie mit zwei Unternehmen getestet und überarbeitet. Vier Unternehmen, die drei unterschiedliche ERP-Systeme eingeführt haben, füllten einen Online-Fragebogen aus und beantworteten zusätzlich telefonisch Interviewfragen. Ergänzend werden die Erkenntnisse aus der Auswertung der in RegioFood_Plus durchgeführten vier Fallstudien zur Diskussion der Ergebnisse herangezogen.

3 Ergebnisse

Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass sich die in der Studie befragten Unternehmen gemäß der o.g. Erfolgsfaktoren gut bis sehr gut auf die ERP-Projekte vorbereiteten: Alle

⁴⁴ RegioFood_Plus - Informationsmanagement der Zukunft in regionalen Lebensmittelketten. Verbundpartner: Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, pro agro e.V., SIBB e.V., CSB-System AG, EDEKA Minden-Hannover, Lienig Wildfruchtverarbeitung GmbH, Hoffnungstaler Werkstätten gGmbH, Agrar GmbH Lichterfelde-Golzow. Gefördert mit Mitteln des „Bundesministerium für Bildung und Forschung“ (Förderkennzeichen 02K14A200 bis 02K14A208). www.regiofood-plus.de

vier Befragten hatten hierzu eine Projektgruppe gegründet, ihre Unternehmensprozesse dokumentiert und vorab ausreichend personelle und finanzielle Ressourcen eingeplant. Drei hatten einen internen Projektplan, Ziele für die ERP-Einführung definiert und Unternehmensprozesse dokumentiert. Schwierigkeiten bei der Projektvorbereitung hatte nur eines der Unternehmen (große Probleme). Benannt wurden die Schaffung der technischen Voraussetzungen (langes Warten auf schnelles Internet in dieser ländlichen Region) und die Übertragung der bestehenden Erfahrungen und Daten aus dem Altsystem.

Anbieterauswahl: Geringe Schwierigkeiten bereitete die Anbieterauswahl, da die Unternehmen ihre funktionalen Anforderungen vorher definiert hatten. Ein wichtiger Aspekt für die Entscheidung war, dass die Anbieter erfolgreiche Referenzen bei Unternehmen der gleichen Branche vorweisen konnten. Als sehr wichtiges Entscheidungskriterium (Anzahl der Antworten in Klammern) wurde von mindestens der Hälfte der Befragten bewertet: großer Funktionsumfang der Software (3 von 3); Erreichbarkeit des Anbieters / Dienstleisters (2 von 4); Schulungsvolumen (3 von 4); umfassende gemeinsame Projektplanung (vor Projektbeginn / Projektvertrag) (2 von 4); Entscheidungshilfen für Softwaremodule zu Beginn (z. B. für Reporting/Kennzahlen) (2 von 4); Nutzerfreundlichkeit des Systems bei täglichen Aufgaben (3 von 3). Die anderen Befragten wählten die Antwortoption „eher wichtig“, nicht gewählt wurden hingegen „eher unwichtig“ oder „unwichtig“, es gab teilweise eine Auslassung.

Als wesentliche Erkenntnis wurde in den Interviews die Wichtigkeit betont, vorher die Nutzerfreundlichkeit der Software zu überprüfen und wie gut diese auf die betrieblichen Erfordernisse eingeht. Zitat aus einem Interview: „Der Anbieter sollte mit einer Demoversion ermöglichen, die Abläufe mit dem System in einem Modellbetrieb kennenzulernen, diese selbst auszuprobieren und ein Gefühl dafür zu bekommen.“ Weiterhin wurde das Angebot einer schrittweisen Einführung durch den Anbieter als wesentliches Kriterium benannt. Zitat aus einem Interview: „Ich muss nicht von Anfang an eine Software für 20.000 Euro kaufen und dann erstmal nur drei Sachen nutzen können. Also erst Module hinzukaufen, wenn man zeitlich soweit ist.“

Erfolgsfaktoren: Aufgrund ihrer eigenen Erfahrungen bewerteten die Unternehmen Faktoren für eine erfolgreiche ERP-Einführung. Mindestens die Hälfte der Unternehmen wertete als sehr wichtig (Optionen: unwichtig – eher nicht wichtig – eher wichtig – sehr wichtig) für eine erfolgreiche ERP-Einführung (in Klammern ergänzt wurden explizite Aussagen zu diesen Punkten):

- Ausreichend zeitliche Ressourcen für Schulungen, Abstimmungen, Reviews einplanen. („Mit Budget, Terminen und Planung muss man sich im Klaren sein und zusammensetzen.“)
- Mitarbeiter von Beginn mit einbezogen und nach Vorschlägen befragt; Mitarbeitervorschläge prüfen und umsetzen. („Alle Beteiligten mit reinziehen und gemeinsam die Zielsetzungen festlegen: Welche Prozesse sollen wirklich verbessert werden – ganz konkret festlegen im Vorfeld.“)

- Neugestaltung der Prozesse – optimiert mit ERP-System. („Das Thema Anforderungsaufnahme, und das ist schon der Kern, muss sorgfältig gemacht werden“; sowie Ernährungswirtschafts-spezifisch: „Die Darstellung der Chargenrückverfolgung hat gut funktioniert, Produktionstagebuch etc. Jetzt kann die Biokontrolle mit wenig Aufwand vorbereitet werden. Ergebnis: Quantensprünge als Unternehmen.“)
- Prozessplanung sollte so präzise wie möglich sein und gemeinsam im Team validiert werden. („Implementierung der Systemeingaben direkt in die Produktion – am Ort des Geschehens.“)
- Prototyp: vollständigen Ablauf anhand eines Beispiels (ein Artikel) testen. („Man braucht unbedingt eine Demo mit den Alltagsprozessen.“)
- Einen Projektverantwortlichen im Unternehmen, der den Zeitplan kontrolliert und Meilensteine berücksichtigt. („Hauptverantwortlichen im Unternehmen haben! Ansprechpartner und Systemadministrator – erst hierdurch Quantensprünge möglich.“)

Diese Punkte wurden in den untersuchten Projekten offensichtlich auch gut umgesetzt. Von den Unternehmen als unproblematisch wurde bei der eigenen ERP-Einführung bewertet (Antwortoption „sehr großes Problem“ ohne Nennung): eigene Planung und Vorbereitung, Projekt- und Zeitplanung, reale Projektkosten und Verantwortlichkeit im Unternehmen sowie die digitalen Kompetenzen, betriebswirtschaftlichen Kenntnisse und inneren Widerstände der Mitarbeiter.

Hindernisse: Als problematisch in den eigenen Projekten wurden jedoch die folgenden Punkte empfunden. Diese wurden von mindestens der Hälfte der Befragten als sehr groß bewertet (4er-Skala von 1 = überhaupt kein Problem bis 4 = sehr großes Problem) und sollten demzufolge bei ERP-Projekten besonders adressiert werden: fehlende Ressourcen im eigenen Unternehmen (zeitliche und personelle Überforderung); operativer Rückstau im Unternehmen (Tagesgeschäft blieb durch Projekt liegen); bereitgestellte Anleitungen / Softwaredokumentation (Qualität, Umfang etc.).

Ihre Projektdurchführung schätzten die vier Unternehmen im Rückblick schwieriger ein als die Vorbereitungsphase. Ein Unternehmen gab geringe Probleme an, zwei Unternehmen mittlere und ein Unternehmen große Probleme. In Beurteilung des Erfolgs ihrer ERP-Einführung (Optionen: mangelhaft – ausreichend – gut – sehr gut) wurde die Einhaltung des Zeitplans als problematisch empfunden: mangelhaft (3 Unternehmen), ausreichend (1 Unternehmen). Als Gründe hierfür wurden Personalengpässe beim Anbieter angeführt oder der Abbruch der Einrichtung nach Implementierung der Kernfunktionen und Verabredung eines schrittweisen Nachholens (das sich jedoch als problembehaftet herausstellte). Die Zufriedenheit mit dem Gesamtergebnis wurde als ausreichend (2) und gut (2) beurteilt, die Zielerreichung als mangelhaft (1), gut (2) und sehr gut (1). Als besonders schwierig wurde von einigen Befragten die Einarbeitung in

das jeweilige System empfunden, weil dieses als schwer verständlich und schwierig zu bedienen empfunden wurde.

Digitale Kompetenzen für eine erfolgreiche ERP-Einführung: Als sehr wichtig bewertet wurden von mindestens der Hälfte der Befragten (vom Rest als wichtig) die folgenden digitale Kompetenzen von Unternehmensleitung und beteiligten Mitarbeitern: grundlegende PC-Kenntnisse (allgemein); PC starten und Betriebsbereitschaft herstellen (Programme starten und einloggen); Masken verstehen, Daten in Felder eingeben können, Eingabe bestätigen; Internetnutzung (ganz allgemein: Internetseiten aufrufen, Online-Shopping etc.); Prozessabläufe im Unternehmen kennen und verstehen.

Explizit genannt wurde die Bedeutung der Bereitschaft Schulungsangebote wahrzunehmen und ein tiefergehendes Verständnis für Warenwirtschaft und ERP-System zu entwickeln: „Hintergründe von ERP verstehen! Bereit sein, nachzuschauen, was hinter einer Fehlermeldung steht“; „Grundkurs Warenwirtschaftssysteme – alle grundlegenden Funktionen und Zusammenhänge“; „Verständnis für Umsetzung physischer Prozessabläufe in digitale Daten (z. B. Masken) – Vorstellungsvermögen“. Als weniger wichtig wurde die Kenntnis grundlegender Office-Funktionen oder von Kassensystemen, Smartphone- und Tablet-Nutzung sowie Internetrecherche zur Problemlösung eingeschätzt. Bei den befragten Unternehmen verfügten alle Beteiligten schon vor Projektbeginn über gute digitale Kompetenzen und deren Fehlen behinderte die ERP-Einführung nicht.

4 Diskussion

Die durchgeführte Studie bestätigt und detailliert bisher veröffentlichte Erfolgsfaktoren und Vorgehensmodelle für ERP-Einführung bei Kleinstunternehmen der Ernährungswirtschaft in kleinstrukturierten Regionen mit ihrem zunehmendem Fachkräftemangel. Arbeitskräfte haben hier nur geringe Ressourcen für „Projekte“ außerhalb ihres Tagesgeschäfts, ein breites Aufgabenspektrum und werden von einer Unternehmensleitung direkt geführt, die häufig allein oder mit kleinem Team neben der Produktion auch Vertrieb, Beschaffung und die Administration verantwortet. Kernkompetenz sind Lebensmittel, die IT gehört in den meisten Fällen nicht dazu. Weil die Projektvorbereitung jedoch IT-unabhängig ist (organisationale und strukturelle Voraussetzungen schaffen, vgl. RegioFood_Plus Basis-Check mit begleitenden Handreichungen [RF18]) sollten schon hier alle betroffenen Mitarbeitenden involviert werden, um gemeinsam ein Verständnis für die notwendige Informationserfassung und (Neu-)Gestaltung der Prozesse zu erarbeiten. Auch können hier bereits digitale Kompetenzen thematisiert und mögliche Arbeitserleichterungen und Vorteile einer IT-Unterstützung diskutiert werden. Durch das frühzeitig begonnene Veränderungsmanagement und die Mitgestaltung des Teams können Ängste abgebaut sowie Akzeptanz und Engagement gewonnen werden: Ziel ist nicht Ersatz von Mitarbeitern, sondern deren Entlastung für Unternehmenswachstum. Gemeinsam sollten überprüfbare Ziele definiert werden, die mit der ERP-Einführung erreicht werden sollen; auch welche Kennzahlen und Auswertungen das System

bereitstellen muss. Das Hinzuziehen einer externen Beratung ist spätestens für die Definition der branchenspezifischen Anforderungen und die Anbieterauswahl sinnvoll. Die optimale Unterstützung der Chargenrückverfolgung (insbesondere die effiziente Datenerfassung in Wareneingang, Produktion und Lager), Bereitstellung der wichtigsten Kennzahlen und Reports sowie die Nutzerfreundlichkeit von System und Schulungs-/Anleitungsdokumenten sollten Schwerpunkte der Prüfung angebotener Systeme sein. Idealerweise sollte hierbei anhand eines Beispielprodukts der vollständige Prozessablauf mit ERP getestet werden. Bei der Projektvorbereitung mit dem gewählten ERP-Anbieter müssen die Ressourcen beider Parteien realistisch eingeschätzt, Zeiten großzügig und mit Puffer geplant sowie Hauptverantwortliche benannt werden. Diese sollten gemeinsam agil aber diszipliniert den Projektplan abarbeiten. Die Schaffung zusätzlicher Ressourcen für das Tagesgeschäft während des Einführungsprojekts schafft Entlastung für die involvierten Mitarbeiter und verhindert operativen Rückstau. Ausführliche und spezifische Schulungen der Mitarbeiter haben Priorität, ebenso die Verfügbarkeit schneller Beratung und Problemlösung nach Aufnahme des Operativbetriebs. Hierfür müssen ausreichend Mittel eingeplant sein, ggf. mit Fördermitteln.

Anhand von drei verschiedenen Systemen konnten in dieser Studie, trotz der geringen Anzahl untersuchter Unternehmen, für Verantwortliche von ERP-Einführungsprojekten in Kleinstunternehmen der Ernährungswirtschaft wertvolle Hinweise für eine spezifische Ausgestaltung bestehender Vorgehensmodelle herausgearbeitet werden. Die Studie ist nicht repräsentativ, aber ein guter Ausgangspunkt für die Erforschung aller wesentlichen Erfolgsfaktoren. Eine Erweiterung mit mehr Unternehmen ist geplant, ebenso eine äquivalente Befragung von ERP-Anbietern und die Zusammenführung der Erkenntnisse.

Literaturverzeichnis

- [Le15] Leyh, C.: Erfolgsfaktoren bei der Einführung von ERP-Systemen in klein- und mittelständischen Unternehmen und deren Implikationen für die Hochschullehre. Technische Universität Dresden, Dresden, 2015.
- [PS18] pro agro e.V.; SIBB e.V.: Stand der Digitalisierung der klein- und mittelständischen Unternehmen der Brandenburger Ernährungswirtschaft. Studie von pro agro e.V. und SIBB e.V. im Rahmen des Forschungsprojektes RegioFood_Plus. Abgerufen von <https://www.proagro.de/wp-content/uploads/2017/08/Stand-der-Digitalisierung-der-klein-und-mittelst%C3%A4ndischen-Unternehmen.pdf>, Stand. 01.11.2018.
- [RFK18] Reckin, R.; Friedrich, M.; Kramer, E.: Ersteingabe von Unternehmensdaten in ein ERP-System – Problemfelder und Ansätze zur nutzerfreundlichen Gestaltung. In (Ruckelshausen, A. et al., Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn, Bd. P-278, S. 191-194., 2018.
- [RF18] RegioFood_Plus: Basis-Check und Handreichungen. www.regiofood-plus.de, 2018.
- [Sc17] Schuh, G. et al., (Hrsg.): Industrie 4.0 Maturity Index. die digitale Transformation von Unternehmen gestalten (acatech Studie). Herbert Utz Verlag, München, 2017
- [St09] Stadler, W.: Leitfaden zur Einführung einer ERP-Software in KMUs: Methoden und Werkzeuge für die Praxis.: VDM-Verlag Müller, Saarbrücken, 2009.

Resilient Smart Farming (RSF) – Nutzung digitaler Technologien in krisensicherer Infrastruktur

Christian Reuter¹, Wolfgang Schneider² und Daniel Eberz²

Abstract: Resilienz ist in aller Munde. Die vorliegende Arbeit setzt sich mit der Ausfall- und Angriffssicherheit der Landwirtschaft als zentralem Bestandteil der Ernährungswirtschaft im digitalen Zeitalter kritisch auseinander. Dabei geht es nicht um die Frage, ob Smart Farming in der landwirtschaftlichen Praxis sinnvoll ist, sondern ob deren Infrastruktur den Anforderungen einer ausfallsicheren (resilienten) Infrastruktur gerecht wird. Da die Ernährungswirtschaft ein Teil der kritischen Infrastruktur ist, ist deren Analyse in Hinsicht auf mögliche Angriffspotenziale und auf Ausfallsicherheit von gesellschaftlicher Relevanz. Wir schlagen *Resilient Smart Farming (RSF)* zur Nutzung digitaler Technologien in krisensicherer Infrastruktur vor.

Keywords: Smart Farming, Resilienz, Ernährungsvorsorge, Dezentrales Internet, Inselnetze

1 Einleitung

Nach der Verordnung zur Bestimmung kritischer Infrastrukturen gilt ein Landwirt als Betreiber kritischer Infrastruktur im Sektor Ernährung, sofern der Schwellenwert der Produktion von 434.500 Tonnen Speisen oder 350 Millionen Liter Getränke pro Jahr überschritten wird [BI16]. Ein Angriff auf die in der Landwirtschaft weit verbreiteten IT-Systeme könnte viele Betriebe treffen und würde somit zu einer deutlich höheren Zahl von betroffenen Personen führen als die vom BSI formulierten Schwellenwerte. Gleichzeitig gilt: Im Ernährungssicherstellungs- und vorsorgegesetz (ESVG) ist die Deckung des lebensnotwendigen Nahrungsmittelbedarfs im Falle einer Versorgungskrise durch den Staat sicherzustellen.

Der Fokus der deutschen Landwirtschaft liegt insbesondere auf der präzisen und nachhaltigen Bewirtschaftung des Bodens. Dies soll künftig das *Smart Farming* durch Erhebung und Analyse von Prozess- und Sensordaten ermöglichen. Die derzeit auf dem Markt verfügbaren Dienstleistungen und Produkte sind dabei durch die Funktionsweise des Cloud-Computing geprägt. Das bedeutet, dass Daten nicht mehr vor Ort gespeichert werden, sondern auf Servern in Rechenzentren ausgelagert werden. Bei den betrieblichen Daten handelt es sich um freiwillig bereitgestellte Betriebsgeheimnisse. Das heißt, dass das Anwenden von Sanktionen schwierig ist, wenn ein Cloud-Anbieter diese Daten

¹ Technische Universität Darmstadt, Wissenschaft und Technik für Frieden und Sicherheit (PEASEC), reuter@peasec.tu-darmstadt.de; www.peasec.de

² Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinhausen-Nahe-Hunsrück, Bad Kreuznach; wolfgang.schneider@dlr.rlp.de, daniel.eberz@dlr.rlp.de

für einen nicht legitimen Zweck verwendet. Zusätzlich ist es schwer nachzuvollziehen, wie die Daten von einem Cloud-Anbieter innerhalb seiner eigenen Rechnersysteme verwendet werden.

Ein weiteres Problem stellt die Ausfallsicherheit der Vernetzung dar. Da der Service vieler Anbieter zumeist wie eine zentrale Drehscheibe funktioniert, über die alle Aktionen innerhalb des landwirtschaftlichen Betriebes koordiniert werden, muss bei deren Ausfall im schlimmsten Falle die gesamte Geschäftstätigkeit stillgelegt werden. Nutzen also ausreichend viele große Betriebe den gleichen Anbieter, so kann es im Extremfall zu Produktionsausfällen bzw. Versorgungsengpässen kommen. Auch absichtlich verursachte Ausfälle durch Cyberangriffe sind nicht auszuschließen (z. B. Denial-of-Service-Angriffe). Eine mögliche Gegenmaßnahme wäre hier, um die Gefahren des Cloud-Computing zu adressieren, zumindest ein teilweise eigenes dezentrales Netzwerk zu errichten (z. B. „Digitale HofBox“). Bei einem solchen „Offline-First“-System geht es darum, dass Programme grundsätzlich ohne Internetanbindung nutzbar sind [Re18]. Sie können zusätzlich auch noch alle gewohnten Online-Fähigkeiten bieten, um so beispielsweise eine optionale Steuerung über das Smartphone zu ermöglichen. Um eine möglichst resiliente Infrastruktur zu gewährleisten, ist ein internes Rechner-zu-Rechner-System einer zentralisierten Cloud-Lösung in jedem Fall vorzuziehen.

In der Ernährungswirtschaft spielt das Kollektiv der landwirtschaftlichen Betriebe mit unterschiedlicher Betriebsgröße jedoch eine große Rolle. Die Vernetzung und Digitalisierung in der Ernährungswirtschaft nimmt exponentiell zu und wird große Veränderungen bringen. In der Literaturrecherche fällt auf [Re18], dass der kritischen Infrastruktur Landwirtschaft und der notwendigen kritischen Auseinandersetzung mit dem Sicherheitsaspekt der Technologie jedoch wenig Aufmerksamkeit eingeräumt wird. Viele Ansätze der IT-Sicherheit oder des betrieblichen Kontinuitätsmanagements adressieren eher Konzerne als kleinere Unternehmen. Es wäre daher von hoher Relevanz, die Infrastruktur für ein resilientes Smart Farming (RSF) zu erstellen. Existierende Herausforderungen und Ansätze sollen im Beitrag detailliert betrachtet werden. Ziel ist es, die Fortschritte der Digitalisierung in der Landwirtschaft zu nutzen, ohne die Ausfallsicherheit der landwirtschaftlichen Primärproduktion und damit die Lebensmittelversorgung der Verbraucher zu gefährden.

Im Folgenden möchten wir auf die Verwundbarkeit der Landwirtschaft (Kapitel 2) eingehen, um im Anschluss die Ernährungsvorsorge in Zeiten von Cyber-Angriffen (Kapitel 3) zu betrachten, auf herstellerübergreifende Standards (Kapitel 4) einzugehen und unsere Vision von Resilient Smart Farming, mit dezentralem Internet und Inselnetzen (Kapitel 5), vorzustellen.

2 Verwundbarkeit der Landwirtschaft und Notwendigkeit resilienter Systeme

Erste Forschungsinitiativen widmen sich der Digitalisierung in der Landwirtschaft. Die Innovationsinitiative *Landwirtschaft 4.0* setzt sich die Ziele, 1) durch spezifische und adaptive Produktionsprozesse die natürlichen Ressourcen und Ökosystemleistungen zu erhalten und zu verbessern, 2) das Ernährungsverhalten unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen zu erfassen und zu prognostizieren, um die Bereitstellung von Lebensmitteln mit hoher Qualität zu gewährleisten, und 3) alle Aspekte vom Feld bis zur Gesellschaft zu vernetzen [Le16].

In der Landwirtschaft findet ein Strukturwandel statt [Za13]. Während sich die Zahl der Betriebe verringert, wachsen die durchschnittlichen Kapazitäten, Flächen und Tierbestandsgrößen. Die Digitalisierung bietet Chancen, diesem Strukturwandel entgegenzuwirken. Intelligente Systeme können die Landwirte entlasten, indem sie operative Arbeiten oder Entscheidungen unterstützen. *Smart Farming* betrachtet Automatisierungstechnologien sowie die Erfassung, Verarbeitung und Analyse von Daten in Echtzeit [Ka16].

Die Ausfallsicherheit der landwirtschaftlichen Produktion beziehungsweise deren Resilienz (Widerstandsfähigkeit bei Krisen) wird von Landwirten und deren Organisationen kaum thematisiert. Dabei müsste gerade die Landwirtschaft, die als kritische Infrastruktur von existenzieller Bedeutung eingestuft ist, bei politischen und gesellschaftlichen Weichenstellungen rechtzeitig auf die Resilienz verweisen. Eine ganz neue Dimension und Brisanz liefert die digitale Landwirtschaft 4.0 mit vernetzter Smart-Farming-Landtechnik und zentralen Big-Data-Rechenzentren [Sc17]. Führende Landwirte und Lohnunternehmer schwärmen zwar schon von den Chancen der Technologie. Aber keiner stellt die Frage, wer die Verantwortung trägt, wenn bei dieser geplanten Ausbaustufe der digitalen Landwirtschaft das Internet ausfällt oder Maschinenflotten durch Cyberangriffe paralyisiert werden, so dass es zu Produktionsengpässen und -ausfällen kommen könnte. Die global aufgestellten Agrarbusiness- und IT-Konzerne sind nicht verantwortlich, denn diese haben einen zulässigen Stand der Technik umgesetzt. Entsprechend darf der heimischen Landwirtschaft kein Vorwurf gemacht werden, wenn zugelassene und marktgängige Technologien angeschafft wurden.

Dennoch ist von den betroffenen Verbrauchern, die vor leeren Regalen stehen, kein Verständnis für digitale Ausfallursachen zu erwarten. Die Bürger werden den Staat vehement auf dessen Verantwortung zur Sicherung der Ernährung hinweisen, wie es im Ernährungssicherstellungs- und -vorsorgegesetz (ESVG) festgeschrieben ist. Die Veränderung hin zu einem resilienten System ist demnach sozial komplex [Re16]. Es besteht heute ein eklatanter Mangel an Erkenntnissen, welche Auswirkungen auf die informatisierte, in Teilen cloudbasierte Landwirtschaft in zukünftigen Ausnahmesituationen zu erwarten sind. Bereits die zu erwartenden Auswirkungen von Ausnahmesituationen auf die landwirtschaftliche Primärproduktion des heutigen Technisierungsstandes sind unzureichend erforscht. Je nach Zeitpunkt können diese jedoch gravierend sein, z. B. wenn die Anwendung eines Pflanzenschutzmittels oder die Ernte nicht im möglichen Zeit- und

Witterungsfenster erfolgen können. Hier ist eine sehr differenzierte Zukunfts- und Auswirkungsanalyse erforderlich. Setzt sich, wovon auszugehen ist, Smart Farming weiter durch, kommt es zu neuen Gefährdungspotenzialen. Während heute noch Maschinen manuell gesteuert werden können, sind bereits aktuelle Prototypen von Feldrobotern nicht mit dieser Möglichkeit ausgestattet. Zukünftige Ausnahmesituationen werden in ihrer Auswirkung auf die landwirtschaftliche Primärproduktion also durch die technische Dimension nochmals verschärft werden.

3 Ernährungsvorsorge in Zeiten von Cyber-Angriffen gefährdet

Heute ist unbestritten, dass die Digitalisierung die Verwundbarkeit einer Landwirtschaft 4.0 erhöhen kann [Sc17]. Eine wesentliche Ursache ist die technologische Kapselung beziehungsweise die internetbasierte Auslagerung des „digitalen Zentralnervensystems“ automatisierter Funktionen im landwirtschaftlichen Produktionsprozess. Entsprechende Sicherheitsprobleme belegt eine Warnung des FBI in den USA vom Frühjahr 2016 [FB16], die besagt, dass das digitale Smart Farming zunehmend im Visier von Cyberangriffen stehe [Re19]. In Krisenfällen können weder Politiker noch Vertreter der Landwirtschaft damit argumentieren, dass die neu geschaffenen Probleme einer digitalen Landwirtschaft nicht vorhersehbar waren. Zudem stellt sich aktuell die Frage, ob eine Allianz zwischen Forschung und Wirtschaft, die in keinem Land der Erde direkte Verantwortung für die Ernährung der Bevölkerung trägt, eine Landwirtschaft 4.0 ohne Auflagen bezüglich der Ausfallsicherheit gestalten darf. Der einzig seriöse Weg ist, die neuen digitalen Herausforderungen den Bürgern gegenüber offen und transparent zu kommunizieren und diese in den Dialog über die Zukunft der Landwirtschaft einzubinden. Hilfreich wäre es, wenn die EU-Agrarforschung baldmöglichst belastbare Ergebnisse aus den Bereichen Sicherheitsforschung und Technikfolgenabschätzung im Bereich der Landwirtschaft 4.0 vorlegen würde. Zudem benötigen Industrie und Landwirtschaft branchenweit abgestimmte Resilienz-Kriterien, um Fehlinvestitionen beim Aufbau einer möglichst ausfallsicheren digitalen Landwirtschaft zu vermeiden.

4 Herstellerübergreifende Standards können die Ausfall-Risiken senken

Mit Blick auf die erwünschte Einführung von Verfahren des Smart Farmings könnte die EU auf die landwirtschaftliche Praxis hören und die Einführung verbindlicher Standards für den Datenaustausch auf Betriebsebene umsetzen. Dies wäre der erste und entscheidende Schritt zu mehr Resilienz und Ausfallsicherheit in der künftigen Landwirtschaft: Statistiken über den Maschinenbesatz werden in Krisenzeiten weitgehend wertlos, wenn sich nicht abschätzen lässt, wie häufig komplette Maschineneinsätze paralysiert werden, weil beispielsweise von Herstellern zwingend geforderte Onlinezugriffe auf Cloud-Rechenzentren ausfallen oder digitale Schnittstellenprobleme vor Ort nicht mehr gelöst

werden können. Für eine kritische Infrastruktur und vor allem für die Bürger sind das kaum akzeptable Zustände, zumal der Gesetzgeber in diesem Bereich die Einhaltung von Schnittstellenstandards und Möglichkeiten des Notbetriebs fordern könnte. Ein positives Beispiel von EU-Aktivitäten sind die standardisierten Schnittstellen für Ladekabel bei Smartphones. Entsprechende Initiativen zur Verbesserung der Ausfallsicherheit einer digitalisierten Landwirtschaft fehlen bisher.

5 Resilient Smart Farming: dezentrales Internet und Inselnetze als Kernkomponente der Ausfallsicherheit

Eine digitale Landwirtschaft 4.0 ist nicht auf den Aufbau zentraler und monopolähnlicher Cloud-Rechenzentren angewiesen. Dieses Ansinnen widerspricht ohnehin dem freien Wettbewerb und den Interessen einer Vielzahl von Firmen, die befürchten, dass sie auf diese Weise von ihrem Kundenstamm in der Landwirtschaft abgekoppelt werden könnten. Diesen meist kleineren Unternehmen, kommt entgegen, dass der neue Trend bei Internetanwendungen in Richtung „Offline-First“ geht. Dabei werden Programme so entwickelt, dass sie auf einer eigenen Datenbank mit den wichtigsten Informationen aufsetzen und auch ohne Internetverbindung funktionsfähig sind. Bei Bedarf besteht jedoch volle Konnektivität, um Daten etwa mit Kollegen zu synchronisieren, die mit Tablets im Schlepper unterwegs sind, oder aber mit der Zentralanwendung auf dem Büro-PC. Bei diesem Ansatz können Landwirte selbst entscheiden, ob sie das Internet nutzen oder die Datentransfers auf das heimische WLAN-Netzwerk beschränken wollen. Damit sichern sie nicht nur ihre Datenhoheit, sondern pflegen auch eine betriebsinterne Digitalisierungsvariante, die sogar funktioniert, wenn Telefonnetze ausfallen sollten.

Dieser in vielen Betrieben mit den unterschiedlichsten Hofprogrammen bereits realisierte Ansatz zeigt, dass Resilienz und Ausfallsicherheit in der Landwirtschaft eher mit betriebsinternen Lösungen und kostengünstigen Apps erreicht werden können als mit Cloudstrukturen von Internet-Giganten. Genau aus diesen Gründen treiben inzwischen auch große Technologiekonzerne die Dezentralisierung des Internets voran. Besonders spannend ist dabei die Entwicklung der direkten Rechner-zu-Rechner-Kommunikation ohne flankierende Vermittlungsdienste. Dies ermöglicht mittelfristig den Aufbau eines möglichst resilienten ländlichen Raums, der im Krisenfall in beliebig zugeschnittene digitale Inselnetze, je nach verfügbarer Notkommunikation, zerfallen kann. Inselnetzfähigkeit und verbindliche Datenaustauschstandards auf Betriebsebene sind die Kernkomponenten einer ausfallsicheren Landwirtschaft 4.0 zur Notkommunikation mit seiner Maschinenflotte, seiner Werkstatt, seinem Landhändler, seinem Lohnunternehmer und zu Nachbarbetrieben, mit denen er möglicherweise noch nie zusammengearbeitet hat. Ausfälle können durch kurzfristige und dezentrale ad-hoc-Kooperation vieler Beteiligter aufgefangen werden, etwa via Smartphones und Tablets durch Rechner-zu-Rechner-Technologien und mobiler ad-hoc Netzwerke (MANET) [Re17a] unter Nutzung von Standards wie Bluetooth oder Wi-Fi Direct [Al14, Re17b].

Danksagung: Das Projekt *Standardisierung der Geobox-Infrastruktur* wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) gefördert.

Literaturverzeichnis

- [Al14] Al-Akkad, A. et al.: Help Beacons: Design and Evaluation of an Ad-Hoc Lightweight S.O.S. System for Smartphones. In (Jones, M.; Palanque, P.; Schmidt, A.; Grossman, T., Hrsg): Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '14). ACM, New York, S. 1485-1494, 2014.
- [BI16] Bundesministerium des Innern (BMI): Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz (BSI-Kritisverordnung–BSI-KritisV), Bundesgesetzblatt Jahrgang 2016 Teil I Nr. 20, 2016.
- [FB16] FBI: FBI Warns of Smart Farm Risk. <https://securityledger.com/2016/04/fbi-warns-of-smart-farm-risk/>, Stand 30.10.2018.
- [Ka16] Kamilaris, A.; Gao, F.; Prenafeta, B.; Ali, M.I.: Agri-IoT: A Semantic Framework for Internet of Things-enabled Smart Farming Applications. In: 2016 IEEE 3rd World Forum on Internet of Things (WF-IoT). IEEE, Piscataway, S. 442-447, 2016.
- [Le16] Leibniz-Forschungsverbund: Positionspapier der Innovationsinitiative Landwirtschaft 4.0. Leibniz-Forschungsverbund, Berlin, 2016.
- [Re16] Reuter, C.; Ludwig, T.; Pipek, V.: Kooperative Resilienz – ein soziotechnischer Ansatz durch Kooperationstechnologien im Krisenmanagement. In: Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO), 47/2, S. 159-169, 2016.
- [Re17a] Reuter, C. et al.: Social Media Resilience during Infrastructure Breakdowns using Mobile Ad-Hoc Networks. In (Wohlgemuth, V.; Fuchs-Kittowski, F.; Wittmann, J., Hrsg): Advances and New Trends in Environmental Informatics - Proceedings of the 30th EnviroInfo Conference. Springer, Berlin, S. 75-88, 2017.
- [Re17b] Reuter, C. et al.: Digitalisierung und Zivile Sicherheit: Zivilgesellschaftliche und betriebliche Kontinuität in Katastrophenlagen (KontiKat). In (Hoch, G.; Schröteler von Brandt, H.; Stein, V.; Schwarz, A., Hrsg): Sicherheit (DIAGONAL Jahrgang 38). Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, S. 207-224, 2017.
- [Re18] Reuter, C. et al.: Resiliente Digitalisierung der kritischen Infrastruktur Landwirtschaft - mobil, dezentral, ausfallsicher. In: Dachselt, R.; Weber, G. (Hrsg.): Mensch und Computer 2018: Workshopband. Gesellschaft für Informatik e.V., Dresden, S. 623-632, 2018.
- [Re19] Reuter, C.: Information Technology for Peace and Security. Springer, 2019.
- [Sc17] Schneider, W.: Neben Chancen auch Risiken der Landwirtschaft 4.0. In: GetreideMagazin, 6, S. 1-15, 2017.
- [Za13] Zander, K. et al.: Erwartungen der Gesellschaft an die Landwirtschaft. Stiftung Westfälische Landwirtschaft, Braunschweig, 2013.

Digitalisierung in der Landwirtschaft – Einsatzmöglichkeiten von digitalen Höhenmodellen zur Umsetzung von Hangauflagen im Pflanzenschutz

Tanja Riedel¹, Zvonimir Peric¹, Stephan Estel², Christoph Federle³,
Aurelia Maria Moanta⁴, Christian Bartolein⁴, Daniel Martini⁵, Katharina Albrecht⁵,
eter Horney¹ und Burkhard Golla¹

Abstract: In der Landwirtschaft werden verschiedene Pflanzenschutzmittel im Zuge des Zulassungsverfahrens mit Hangauflagen belegt. Ziel ist, den durch Oberflächenabfluss und Bodenerosion bedingten Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in angrenzende Gewässer zu vermeiden. Bis heute existieren keine Instrumente zur zuverlässigen und objektiven Ermittlung der Hangneigung. Die Planung und Umsetzung von Pflanzenschutzmittelanwendungen liegt gemäß guter fachlicher Praxis in der Zuständigkeit des Landwirtes. Ziel des PAM3D-Projektes ist der Aufbau eines Web-Dienstes, der den Landwirt in die Lage versetzt, Hangauflagen auf eine automatisierte und nachvollziehbare Art und Weise zu erfüllen. Die Ermittlung der Hangneigung eines Schrages erfolgt dabei auf Grundlage von digitalen Höhenmodellen aus verschiedenen Quellen, wie traktorgestützte GNSS-RTK-Daten, Drohnen-Befliegungen und durch Bund und Länder bereitgestellte DGM-Daten. Die auf Pixelbasis berechnete Hangneigung ist nur bedingt zur Umsetzung von Hangaufgaben geeignet, da diese sehr stark von der räumlichen Auflösung der Eingangsdaten beeinflusst wird. Als robuster und skalenunabhängiger hat sich ein alternativer Ansatz erwiesen, der verschiedene DGM-Parameter kombiniert.

Keywords: Pflanzenschutz, Hangaufgaben, DGM, Web-Dienst

1 Einleitung

In der heutigen Landwirtschaft stellt der Pflanzenschutz aufgrund einer Vielzahl an Vorschriften und Rahmenbedingungen eine der informationsintensivsten ackerbaulichen Maßnahmen dar. Im Zuge der Zulassung werden zahlreiche Pflanzenschutzmittel mit Anwendungsbestimmungen gegen Abschwemmung, sogenannte Hangaufgaben, belegt [Bv18]. Ziel der Aufgaben ist, den durch Oberflächenabfluss und Bodenerosion beding-

¹ Julius Kühn-Institut - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Stahnsdorfer Damm 81, D-14532 Kleinmachnow, Tanja.Riedel@julius-kuehn.de

² Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP), Rüdeshheimer Str. 60-68, D-55545 Bad Kreuznach

³ Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion e.V. (ISIP), Rüdeshheimer Str. 60-68, D-55545 Bad Kreuznach

⁴ John Deere GmbH & Co. KG, European Technology Innovation Center, Straßburger Allee 3, D-67657 Kaiserslautern

⁵ Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Bartningstr. 49, D-64289 Darmstadt

ten Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in angrenzende Gewässer sowie ins Grundwasser zu vermeiden. Die gesetzlichen Regelungen sehen vor, dass auf gewässernahen Schlägen ab einer Hangneigung von mehr als 2 % je nach Auflage ein zwischen 5 und 20 m breiter, bewachsener Gewässerrandstreifen existieren muss, sofern keine reduzierte Bodenbearbeitung stattfindet. Obwohl CC-relevant und bußgeldbewährt, existieren bis heute keine praktikablen Instrumente, die die Landwirtschaft in einer zuverlässigen und nachvollziehbaren Weise bei der objektiven Ermittlung der Hangneigung unterstützen. Die Planung und vorschriftsgemäße Umsetzung von Pflanzenschutzmittelanwendungen liegt in der Zuständigkeit des Landwirtes. Ein großer Teil dieser Tätigkeiten wird heutzutage noch immer manuell und ohne Unterstützung durch Informationstechnologie durchgeführt. An diesen Punkt setzt das PAM3D-Projekt an. Ziel ist die Entwicklung eines Webservices, der die automatisierte Berechnung der schlagspezifischen Hangneigung ermöglicht, sowie dessen Integration in das bestehende PAM-Entscheidungshilfesystem [Sc16]. Der Landwirt wird dadurch in die Lage versetzt, Hangaufgaben automatisiert und nachvollziehbar zu erfüllen.

Der Fokus des vorliegenden Beitrags liegt in einer ersten Analyse zum Potenzial und den Einsatzmöglichkeiten von digitalen Höheninformationen zur Umsetzung von Hangaufgaben im Pflanzenschutz. Digitale Höhenmodelle (DHM) können durch verschiedene Verfahren generiert werden. Die gängigsten Methoden sind die Stereo-Photogrammetrie, die SAR-Interferometrie, das Laserscanning sowie das Scannen/Digitalisieren von existierenden Kartenbeständen. Bei der Auswertung von digitalen Höheninformationen ist zu beachten, dass die topographischen Informationen in Abhängigkeit von der Erfassungsmethode als Digitales Geländemodell (DGM) oder Digitales Oberflächenmodell (DOM) vorliegen können. DGMs beschreiben dabei die tatsächlichen Höheninformationen der topographischen Erdoberfläche, wohingegen im DOM die Erdoberfläche inklusive ihrer Bedeckung, wie Vegetation, Gebäude etc., dargestellt wird. Diese Nomenklaturen werden in der Literatur nicht immer einheitlich verwendet [Zh17].

2 Untersuchungsgebiet und Datengrundlage

Als Untersuchungsgebiet für die Analysen wurde das Bundesland Rheinland-Pfalz gewählt, das durch eine sehr kleinstrukturierte Agrarlandschaft gekennzeichnet ist.

Im Rahmen der Analysen wurden topographische Geländeinformationen aus verschiedensten Quellen einbezogen. Flächendeckend für das gesamte Bundesland stehen die durch das Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz (LVerGeo RLP) und das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) bereitgestellten DGMs mit einer räumlichen Auflösung von 1 bzw. 10 Metern (DGM1, DGM10) sowie grob aufgelöste, satellitenbasierte DOM-Datensätze (SRTM und ALOS World 3d-30m - AW3D30) zur Verfügung. Für einzelne Testflächen wurden zusätzlich hochauflö-

sende Traktor-GPS/GNSS-Daten sowie Drohnen- (DOM) erhoben. Einen Überblick über die im Rahmen der Studie verwendeten Höheninformationen gibt Tabelle 1.

Name	Quelle	Erfassungsmethode	Auflösung Lage/Höhe	Genauigkeit Lage/Höhe
UAV	Dienstleister	Photogrammetrie	0,8-3,05 cm / 0,0001 cm	n.a. / 1,7-4,9 cm
DGM1	LVerGeo RLP	Laserscanning	1 m / 0,01 m	n.a. / ±0,15-0,3 m
DGM10	BKG	Laserscanning Photogrammetrie Digitalisierung von Höhenlinien	10 m / 0,01 m	±0,5-2 m / ±0,5-2 m
AW3D30	Jaxa	Photogrammetrie	1'' / 1 m	5 m / 5 m
SRTM	USGS	Radarinterferometrie	1'' / 1 m	20 m / 16 m

Tab. 1: Übersicht der in der Studie verwendeten Höheninformationen

3 Methodik

Generell können auf Grundlage der in digitalen Geländemodellen gespeicherten Höheninformationen verschiedene DGM-Parameter abgeleitet werden, wie z. B. Hangneigung, Hanglänge, Exposition oder Krümmung. Für die Entscheidung, ob ein Ackerschlag als hangauflagenrelevant einzustufen ist, ist die Hangneigung von besonderem Interesse. Die Berechnung der Hangneigung auf Grundlage von topographischen Informationen kann durch verschiedene Verfahren erfolgen [Wh04]. Im Rahmen dieser Studie wurde das Verfahren nach Horn [Ho81] angewandt. Um den Einfluss der räumlichen Auflösung der Höhendaten zu untersuchen sowie die Repräsentativität der abgeleiteten Hangneigungswerte für eine bestimmte Fläche einzuschätzen, wurde zunächst die mittlere Hangneigung für eine zufällige Stichprobe von 3.000 Feldern in Rheinland-Pfalz berechnet und statistisch evaluiert.

Zusätzlich wurde ein alternativer Ansatz zur Abschätzung der Hangneigung getestet, der verschiedene, aus den Höhendaten abgeleitete Parameter (Abb. 1) kombiniert. Die Abflussakkumulation (Fließmodellalgorithmus D-Infinity [Ta97]) gibt für jede Rasterzelle an, wieviel hangaufwärts gelegene Raster- bzw. Teilflächen in diese entwässern, und gibt einen Hinweis darauf, in welchen Feldbereichen mit einer Konzentration des Oberflächenabflusses zu rechnen ist. Kombiniert man diese Information mit der Hanglänge, so können diejenigen Feldbereiche identifiziert werden, die eine Hangneigung von über 2 % sowie gleichzeitig eine Hanglänge von über 100 m aufweisen. Die Hangneigung wird dabei – ähnlich der Bestimmung der Hangneigung im Gelände – über die maximale und minimale Höhe entlang des Hanges bestimmt.

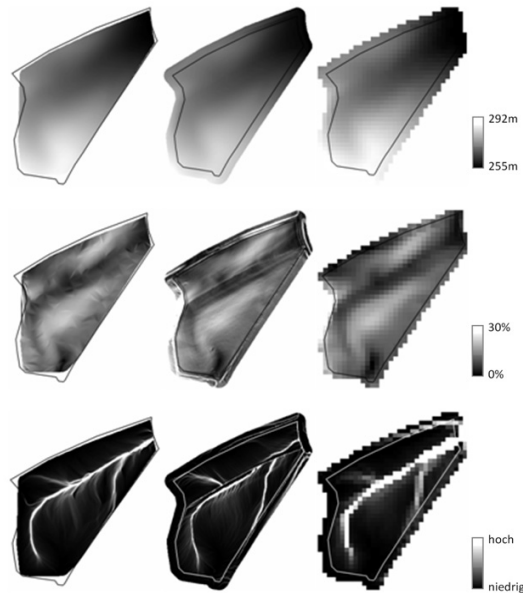


Abb. 1: DGM-Daten (oben) und abgeleitete Hangneigung (Mitte) sowie Abflussakkumulation (unten) für Traktor-GPS/GNSS- (links), -DGM1 (Mitte) und -DGM10-Daten (rechts)

4 Ergebnisse

Ein Vergleich der amtlichen DGM1- und DGM10-Daten hat gezeigt, dass die auf Grundlage der DGM1-Daten berechnete mittlere Hangneigung höher ist als die mittels der DGM10-Daten ermittelte (Abb. 2). Ausnahme bilden hier lediglich Schläge, die unmittelbar an steilere Hanglagen angrenzen sowie sehr kleine Schläge. Auf Grundlage der höher aufgelösten DGM1-Daten würden somit letztendlich deutlich mehr Felder in die Kategorie „hangneigungsrelevant“ eingestuft werden (DGM10 15,9 % vs. DGM1 2,2 %). Auch Felder mit einer maximalen Höhendifferenz von weniger als 2 m werden teilweise auf Grundlage der DGM1-Daten als hangneigungsrelevant eingestuft. Bei sehr hochauflösenden digitalen Höheninformationen (z. B. UAV-Daten mit Auflösung im cm-Bereich) wäre im Vorfeld der Hangneigungsberechnung eine Interpolation auf eine niedrigere, zu definierende räumliche Auflösung erforderlich. Ohne diesen Schritt würden sich sehr hohe mittlere Hangneigungen ergeben (für Beispielfelder > 100 %).

Aufgrund der Skalenabhängigkeit des direkt aus den DGM-Daten abgeleiteten Parameters Hangneigung wurde der oben genannte alternative Ansatz zur Abschätzung der Hangneigung getestet, der verschiedene DGM-Parameter kombiniert. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass die ermittelten Hangneigungen deutlich stabiler sind und weniger stark durch die Auflösung der zugrunde liegenden DGM-Daten beeinflusst werden.

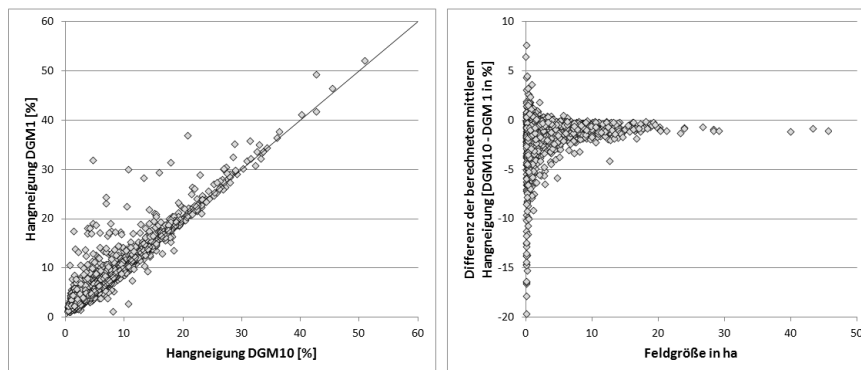


Abb. 2: Vergleich der aus dem DGM1 und DGM10 abgeleiteten, schlagspezifischen Hangneigung. Weiterhin haben die Untersuchungen gezeigt, dass die aus den Satellitendaten gewonnenen Höhendaten aufgrund ihrer deutlich geringeren Auflösung und Genauigkeit nicht genutzt werden können. Hinzu kommt, dass es sich um DOM-Daten handelt, was zur Folge hat, dass die Hangneigung in Waldrandnähe deutlich überschätzt wird.

5 Diskussion

Die Analysen haben ergeben, dass die mittlere Hangneigung sehr stark von der Auflösung des DGMs abhängt und dieser Parameter somit nur bedingt zur Umsetzung von Hangauflagen im Pflanzenschutz geeignet ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass mit zunehmender Auflösung auch geringe Unebenheiten, z. B. durch Bearbeitungszustand des Feldes, abgebildet werden und in die Berechnung der Hangneigung eingehen. Für sehr hochauflösende Höheninformationen im cm-Bereich, wie z. B. die UAV-Daten, ergeben sich folglich sehr hohe mittlere Hangneigungswerte. Der festgestellte Zusammenhang zwischen DGM-Auflösung und mittlerer Hangneigung steht in Übereinstimmung mit anderen Forschungsergebnissen [CH09].

Die Hangneigung allein gibt weiterhin keine Auskunft über die Fließrichtung des Abflusses im Feld und somit darüber, ob der Oberflächenabfluss in Richtung eines Gewässers erfolgt. Erst dadurch würde der Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in ein Gewässer möglich. Die zweite, im Rahmen der Studie vorgeschlagene Prozesskette, besitzt diesen Nachteil nicht und kann einen Beitrag dazu leisten, Feldbereiche zu identifizieren, in denen Hangauflagen zu berücksichtigen sind.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die aus den DGM-Daten auf Pixelbasis abgeleitete Hangneigung nur bedingt zur Unterstützung der Einhaltung von Hangauflagen bei der Pflanzenschutzmittelanwendung geeignet ist. Ein alternativer

Ansatz, der zusätzlich die Information zur Hanglänge und Abflussakkumulation kombiniert, zeigt für die Testgebiete unabhängig von der Auflösung der DGM-Daten deutlich stabilere Ergebnisse. Im weiteren Projektverlauf ist ein großflächiger Test dieser Prozesskette vorgesehen. Dabei werden alternative, in anderen Softwarepaketen implementierte Methoden zur Berechnung der verwendeten DGM-Parameter im Detail analysiert werden. Weiterhin wird das Potential zusätzlicher, aus DGM-Daten ableitbarer Parameter [Zh17] evaluiert werden.

7 Danksagung

Die Förderung des PAM3D-Projektes erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projekträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

Literaturverzeichnis

- [Bv18] BVL Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit: Kodeliste für Kennzeichnungen und sonstige Auflagen zum PSM-Verzeichnis, https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04_Pflanzenschutzmittel/PSM_Kodeliste.html, Stand: 27.08.2018.
- [CH09] Chow, T.E.; Hodgson, M.E.: Effects of lidar post-spacing and DEM resolution to mean slope estimation. *International Journal of Geographical Information Science* 23/10, S. 1277-1295, 2009.
- [Ho81] Horn, B.: Hill shading and the reflectance map. In: *Proceedings of the IEEE*, vol. 69, S. 14-47, 1981.
- [Sc16] Scheiber, M.; Federle, C.; Feldhaus, J.; Golla, B.; Hartmann, B.; Kleinheinz, B.; Martini, D.; Röhrig, M.: Pflanzenschutz-Anwendungs-Manager (PAM): Automatisierte Berücksichtigung von Abstandsaufgaben. *Praktische Vorführung und Testergebnisse*. In (Ruckelshausen, A. et al., Hrsg.): *Intelligente Systeme Stand der Technik und neue Möglichkeiten*, *Lecture Notes in Informatics (LNI)*, Gesellschaft für Informatik, Bonn, 2016.
- [Ta97] Tarboton, D.G.: A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. *Water Resources Research* 33/2, S. 309-319, 1997.
- [Wh04] Warren, S.D.; Hohmann, M.G.; Auerswald, K.; Mitasova, H.: An evaluation of methods to determine slope using digital elevation data. *Catena* 58, S. 215-233, 2004.
- [Zh17] Zhou, Q.: Digital elevation model and digital surface model. In (Richardson, D. et al., Hrsg.): *The International Encyclopedia of Geography*, John Wiley & Sons, 2017.

Beurteilung der Schnittqualität von Schneid- und Mähwerken mittels photogrammetrischer Methode

Peter Riegler-Nurscher¹, Johann Prankl¹ und Jürgen Karner¹

Abstract: Ein wichtiger Parameter bei der Entwicklung von Schnittsystemen ist die Stoppelhöhe. Insbesondere die Standardabweichung der Stoppelhöhen gibt Auskunft über die Qualität des Schnittes. Es wird eine Methode zur effizienten und genauen Messung der Stoppelhöhen benötigt. Die vorgestellte Methode basiert auf einer photogrammetrischen Auswertung aus RGB-Farbbildern. Um die Stoppelhöhe absolut messen zu können, werden physische Marker im Aufnahmebereich platziert. Die Stoppelenden werden manuell durch den Benutzer selektiert bzw. automatisiert durch die Anwendung von Machine-Learning-Algorithmen detektiert. Es wurde die Messgenauigkeit der Methode mit handelsüblichen Systemkameras validiert.

Keywords: Stoppelhöhe, Bildanalyse

1 Einleitung

Schnittqualität ist ein wesentlicher Faktor bei der Ernte von Getreide und Grünschnitt. Die Schnittqualität wird hauptsächlich von Mähsystem (Messer-/Scherenschnitt), Fahrgeschwindigkeit, Mähmessergeschwindigkeit und -geometrie und Zuordnung der Schneidelemente beeinflusst [St53]. Zu einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und Produktivität bei der Ernte wird oft die Fahrgeschwindigkeit bei der Ernte erhöht. Bei hohen Fahrgeschwindigkeiten leidet aber oft die Schnittqualität [TRZ87]. Kennzeichen einer guten Schnittqualität sind ein sauberes Schnittbild, kein Abreißen bzw. Ausreißen von Halmen oder Gräsern bzw. eine konstante Reststoppelhöhe [TRZ87]. Ein wichtiges Maß zur Bewertung der Reststoppelhöhe ist die Standardabweichung der Halmhöhen. Konventionelle Methoden beschränken sich auf manuelle Vermessung mittels Herbometer oder einfachem Maßband. Berührungslose Messverfahren wie Laser oder Ultraschallsensoren haben den Nachteil einer fehlenden Boden- und Reihen-Referenzierung bei der Höhenmessung bzw. werden umgedrückte Halme mehrmals detektiert. Nach derzeitigem Stand fehlt es an einer effizienten und genauen Methode zur Beurteilung der Schnittqualität anhand der Reststoppelhöhen.

Ziel der Arbeit war die Entwicklung einer Methode zur effizienten und genauen Bestimmung der Gleichmäßigkeit der Reststoppelhöhe. Der Anwendungsbereich der Methode soll sich möglichst breit von Getreide bis Grünland erstrecken.

¹ Josephinum Research, Rottenhauser Straße 1, 3250 Wieselburg, Austria, p.riegler-nurscher@josephinum.at

2 Material und Methoden

Die Methode basiert auf semi-automatischer photogrammetrischer Vermessung der Stoppelhöhe. Dabei wird hinter einer Stoppelreihe eine Referenzplatte mit optischen Markern platziert um eine absolute Messung durchführen zu können. Die freigelegte Reihe wird mit einer kalibrierten Farbkamera aufgenommen. Dabei kann jede beliebige RGB-Kamera eingesetzt werden, wobei Brennweite und Fokus fixiert werden. In einem ersten Schritt werden die aufgenommenen Bilder am Bildschirm dargestellt und die Stoppelenden durch manuelles Anklicken mit der Maus markiert. Gleichzeitig werden Ground-Truth-Daten für ein späteres automatisiertes Erkennen der Stoppelenden generiert. Diese Positionen der Stoppelenden werden für die Höhenmessung herangezogen.

2.1 Referenzplatten- Erkennung und Höhenmessung

Um eine absolute Höhenmessung zu ermöglichen, müssen Referenzpunkte in der Messumgebung platziert werden. Diese Referenzpunkte werden auf einer Holzplatte in Form von Markern angebracht. Als Referenzmarker werden ARUCO Codes [RMM18] eingesetzt. Diese Marker können effizient und robust erkannt werden und liefern dabei 2D-Koordinaten im Bild. Jeder Marker liefert dabei vier Referenzpunkte, für jeden Eckpunkt einen. Die bekannten 3D-Punkte der Marker werden anschließend mit den detektierten 2D-Punkten des Bildes gepaart und für die Lösung des PnP-Problems (Perspective-n-Point) verwendet. Durch die Lösung des PnP-Problems kann die relative 3D-Position der Kamera zur Marker-Ebene bestimmt werden. Abbildung 1 zeigt die Holzplatte mit den Referenzmarkern (Marker-Ebene) in einer schematischen Darstellung.

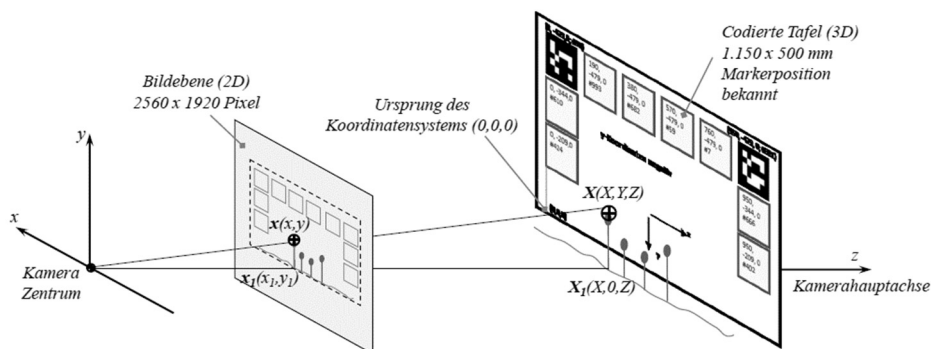


Abb. 1: Kamera-, Bildebene- und Marker-Ebenen-Geometrie

Im Zuge der Referenzplatten-Erkennung (siehe 2.1) wurde die relative Position zwischen Kamera und Marker-Ebene bestimmt. Nun können alle erkannten Stoppelenden (Punkt x) aus der 2D-Bildebene in den 3D-Raum (Punkt X) projiziert werden. Hierbei wird angenommen, dass sich die Halme in einer Ebene 1 cm vor der Marker-Ebene befinden.

Zur Ermittlung des zweiten Messpunkts X_I wird X normal auf die $Y = 0$ Ebene projiziert. Die berechnete Distanz zwischen X und X_I entspricht der Halmhöhe. Nachfolgend können alle Halmhöhen statistisch ausgewertet werden.

2.2 Halmenden-Erkennung

Die manuellen Schnittpunkt-Selektionen bilden die Grundlage für Machine-Learning-Methoden zur automatisierten Erkennung der Schnittpunkte. Dazu wurde ein Random Forest für Semantic Segmentation [Ri18] der Halmenden mit anschließender Non-Maximum-Suppression verwendet. Datengrundlage bildeten rund 10.000 Einzelpunkte in rund 200 Bildern.

3 Ergebnisse

Die automatisierte Auswahl der Halmenden beschränkt sich derzeit auf den Anwendungsfall der Getreidestoppel. In Abbildung 2 sind Beispielaufnahmen aus den Anwendungsfällen Getreide und Grünschnitt zu sehen.

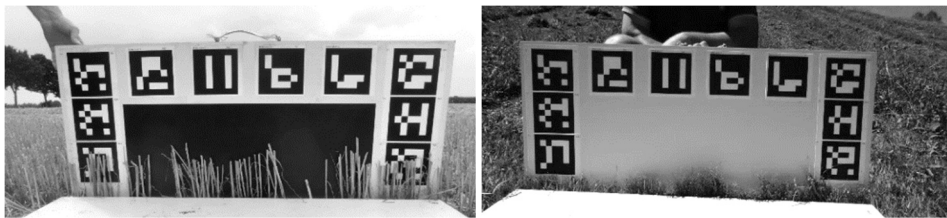


Abb. 2: Beispielaufnahmen nach Mähdrusch (links), bzw. nach dem Grünland-Schnitt (rechts).

3.1 Validierung der Messgenauigkeit

Zur Validierung der Messgenauigkeit wurde eine Kompaktkamera Sony DSC-H9 mit 5 mm Brennweite bei einer Bildauflösung von 3.264 x 2.448 Pixel eingesetzt. Dabei wurden physische Modelle von Stoppelreihen angefertigt, welche anschließend mit der Referenzebene im Hintergrund aufgenommen wurden. Die Modellstoppeln wurden manuell vermessen und mit dem Messergebnis der Applikation verglichen. Bei der Messung durch die Applikation wurden die Stoppelenden durch drei Testpersonen selektiert und anschließend gemittelt. Die Validierung ergab einen Messfehler im Mittel von 3 mm normal auf die $Y = 0$ Ebene. Hervorgerufen wird dieser Fehler durch Abweichungen der Halme von der Messebene und Variationen in der Halmenden-Selektion. Bei der Validierung der Random-Forest-Methode zur Halmenden-Klassifikation mit einem unabhängigen Testset wurde eine Korrektklassifikationsrate von 0,786 (Precision = 0,9325, Recall = 0,8334) erreicht.

3.2 Beispielvergleich zweier Schneidwerke

Abschließend wurden bei praktischen Versuchen zwei unterschiedliche Getreideschneidwerke miteinander verglichen. Das Diagramm in Abbildung 3 zeigt einen Vergleich der mittleren Standardabweichungen der Stoppelhöhen zweier Schneidwerke.

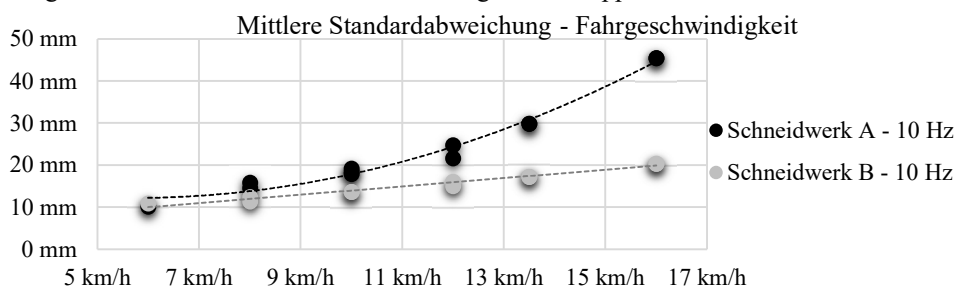


Abb. 3: Mittlere Standardabweichung der Stoppelhöhen bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten zweier unterschiedlicher Getreideschneidwerke.

4 Fazit

Die vorgestellte Methode wurde bei der Beurteilung von Getreideschneidwerken und Scheibenmäherwerken im Grünland evaluiert und eingesetzt. Die Genauigkeit wird in Abhängigkeit der Kameraauflösung dargestellt. Durch die vorgestellte Methode können größere Mengen an Versuchsdaten generiert und zur Entwicklung und Beurteilung von Schneid- und Mäherwerken eingesetzt werden. In nachfolgenden Arbeiten wird angestrebt, die automatisierte Detektion der Schnittkante zu verbessern und auch im Grünlandszenario zu implementieren. Einzelne Halme sind im Grünland bei der manuellen Annotierung schwer zu erkennen. Es ist daher geplant, die Schnittkante über einen Polygonzug zu definieren und Halme dabei gleichverteilt einzufügen.

Literaturverzeichnis

- [St53] Stoppel, Th.: Zur Systematik der Technologie des Schneidens. Grundlagen der Landtechnik, Heft 5/1953, S. 120-134, 1953
- [TRZ87] Teichmann, M., Reißig, P., Zumpe, B.: Theoretische Stoppelhöhenermittlung an Schneidwerken für die Halmfutter- und Getreideproduktion. Agrartechnik, Berlin 37, 6, S. 248-251, 1987
- [RMM18] Romero-Ramirez, F., Muñoz-Salinas, R., Medina-Carnicer, R.: Speeded up detection of squared fiducial markers, Image and Vision Computing, Volume 76, S. 38-47, 2018
- [Ri18] Riegler-Nurscher P. et al.: A machine learning approach for pixel wise classification of residue and vegetation cover under field conditions. Biosystems Engineering, Volume 169, S. 188-198, 2018

Nutzung digitaler Analysehilfsmittel zur nachhaltigen Inklusion von Menschen mit Behinderung in den Gartenbau

Sophie Schaffernicht¹, Madeline Eichner¹ und Elisabeth Quendler¹

Abstract: Die zunehmende Digitalisierung verändert die Arbeitswelt rasant und bedingt zugleich Chancen als auch Risiken für die Beschäftigung von Menschen mit Behinderung (MmB), so dass diese über Evaluierung sozial nachhaltig auszuwählen sind. Ziel dieser Studie war es, digitale Analysehilfsmittel zu eruieren, die zur Identifikation von Arbeitsplatzrisiken und menschlichen Fähigkeiten sowie zur Erstellung von Schulungsmaterialien für MmB zu Arbeitsprozessen im Gartenbau pilotartig genutzt werden können. Es wurden verschiedene digitale Hilfsmittel zur Dokumentation und Evaluierung von Arbeitsprozessen identifiziert sowie erprobt. Der kombinierte Einsatz von IMBA (Integration von Menschen mit Behinderung in die Arbeitswelt) und EAWS (Ergonomic Assessment Work Sheet) zeigte die spezifischen Anforderungen sowie biomechanischen Risiken am Arbeitsplatz auf. Mittels Risikopunkten und Profilvergleichen wurde die Eignung eines Arbeitsprozesses für MmB abgeleitet. Diese Ergebnisse dienen unter anderem als Basis für die Erstellung von Schulungsfilmen im Gartenbau. Diese können durch den Einsatz von Videoschnittsoftware barrierefrei gestaltet werden.

Keywords: Inklusion, Gartenbau, Menschen mit Behinderung, Analysehilfsmittel

1 Einleitung

Ein wichtiger Indikator für die Inklusion von Menschen mit Behinderung (MmB) ist die Teilhabe an der Erwerbsarbeit. Besonders auf dem ersten Arbeitsmarkt haben MmB in Österreich Schwierigkeiten Arbeit zu finden und beschäftigt zu bleiben. Im Vergleich zu Menschen ohne Behinderung sind MmB länger und öfter arbeitslos [Bu17]. Gemäß UN-Ausschuss für die Rechte von Menschen mit Behinderung werden rund 19.000 MmB in Beschäftigungstherapieeinrichtungen betreut [Bu17]. Ein Fünftel dieser Menschen könnte laut ExpertInnenmeinungen unmittelbar in den ersten Arbeitsmarkt inkludiert werden.

Der Gartenbau umfasst eine Vielzahl diverser Tätigkeiten und könnte MmB eine sinnstiftende Beschäftigung bieten. Die positive Wirkung von landwirtschaftlicher und gärtnerischer Arbeit wurde von FiBL aufgezeigt [Fi06].

¹ Universität für Bodenkultur, Institut für Landtechnik, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien
sophie.schaffernicht@boku.ac.at
madeline.eichner@boku.ac.at
elisabeth.quendler@boku.ac.at

2 Problemstellung

Eine sozial nachhaltige Inklusion gewährleistet MmB eine den individuellen Fähigkeiten entsprechende Tätigkeit auszuführen. Darüber hinaus sollten gesundheitliche Risiken der Arbeit auf ein Minimum reduziert werden. Bei der Auswahl dieser Tätigkeiten bedarf es an Informationen über die Arbeitsanforderungen einerseits sowie der spezifischen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Bedürfnisse von MmB andererseits. Derzeit gibt es bereits einzelne Methoden, welche in der Praxis eingesetzt werden. Jedoch fehlen umfassende Ergebnisse zu gartenbaulichen Tätigkeiten.

Ziel dieser Studie war es, digitale Analysehilfsmittel zu eruieren, die zur Identifikation von Arbeitsplatzrisiken sowie zur Beschreibung der Fähigkeiten von MmB effektiv und effizient eingesetzt werden können. Zusätzlich sollten solche Hilfsmittel aufgezeigt werden, die zur Erstellung von Schulungsmaterialien für MmB genutzt werden können.

3 Material und Methode

Die Auswahl der digitalen Analysehilfsmittel erfolgte auf Basis einer umfangreichen Literaturrecherche zu den Themenbereichen Inklusion von Menschen mit Behinderungen, gartenbauliche Anforderungen sowie fähigkeitsgerechte Arbeitsplätze. In der Bewertung standen die Qualität und Aussagekraft der erwarteten Ergebnisse im Mittelpunkt des Auswahlprozesses. Zu Beginn wurden in der Praxis angewandte Methoden gesammelt sowie deren Vor- und Nachteile eruiert. Zusätzlich sollten die Methoden für Arbeitsplatzbeurteilungen im Gartenbau sowie für die Erstellung von Profilvergleichen einsetzbar sein.

Moderne Modelle sowie Methoden zur Erfassung der Anforderungen von Arbeitsprozessen sowie Fähigkeiten versuchen soweit wie möglich, alle bekannten Faktoren, die das Phänomen Behinderung beeinflussen, zu ermitteln und in einen sinnvollen Zusammenhang zu bringen [Ku06]. Ein umfangreiches Messverfahren besteht in der ICF (Internationalen Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit) der WHO. Es können sowohl negative als auch positive Zustände beschrieben werden [Bi12]. Das lineare ICIDH-Modell wurde damit zugunsten eines komplexen Modells von Wechselwirkungen aufgegeben [Ku06].

MELBA (Merkmalprofile zur Eingliederung Leistungsgewandelter und Behinderter in die Arbeit), das Profilvergleichsverfahren und Dokumentationsinstrument zur Ermittlung und Darstellung von Fähigkeits- und Anforderungsprofilen, wird in der beruflichen Rehabilitation eingesetzt. MELBA ermöglicht die Erhebung kognitiver und psychomotorischer Fähigkeiten. Außerdem werden soziale Kompetenzen erfasst, die für Arbeitsprozesse wichtig sind.

Das Bewertungsverfahren IMBA (Integration von MmB in die Arbeitswelt) wurde in einem interdisziplinären Team aus ArbeitswissenschaftlerInnen, MedizinerInnen, PsychologInnen im Rahmen eines Forschungsprojektes entwickelt und erprobt [Ad04]. Mit IMBA lassen sich – ähnlich wie bei MELBA – Arbeitsplatzanforderungen und individuelle menschliche Fähigkeiten durch einheitliche, definierte Merkmale beschreiben und direkt miteinander vergleichen. Aus dem gegebenenfalls daraus resultierenden Handlungsbedarf sind gezielt Maßnahmen zur betrieblichen Prävention und Rehabilitation abzuleiten [In17].

Zur Ermittlung der Arbeitszeit in der Landwirtschaft gibt es mehrere Methoden. Auernhammer unterscheidet zwischen Zeit- und Bewegungselementmethoden [Au76]. Bei der Erfassung der Arbeitszeit nach Luczak kann der kausale oder der finale Ansatz gewählt werden [Lu98]. Die Arbeitselementmethode nach Auernhammer ist in den Arbeitswissenschaften eine gängige Methode, um Arbeitszeiten zur Planzeitermittlung zu erfassen [Au76]. Sie wurde bisher in zahlreichen landwirtschaftlichen Studien erfolgreich eingesetzt.

Ergonomiebewertungen für MmB wurden bisher beispielsweise für die Integration von MmB in die Serienmontage [Pr10] oder bei der Konzeption eines Verfahrens zur Ableitung ergonomischer Gestaltungslösungen für fähigkeitsgerechte Arbeitsplätze entwickelt und angewendet [Wi17].

Zur Erhebung der Anforderungen an die Arbeitsprozesse, zur Ermittlung des Arbeitszeitbedarfs sowie der biomechanischen Risiken wurden audiovisuelle Messinstrumente ausgewählt. Mithilfe einer HD-Videokamera wurden Videofilme und Fotoaufnahmen erstellt.

4 Ergebnisse und Diskussion

Die ausgewählten Analysehilfsmittel wurden kombiniert eingesetzt. Die Vorgehensweise ist in folgender Abbildung 1 verdeutlicht.

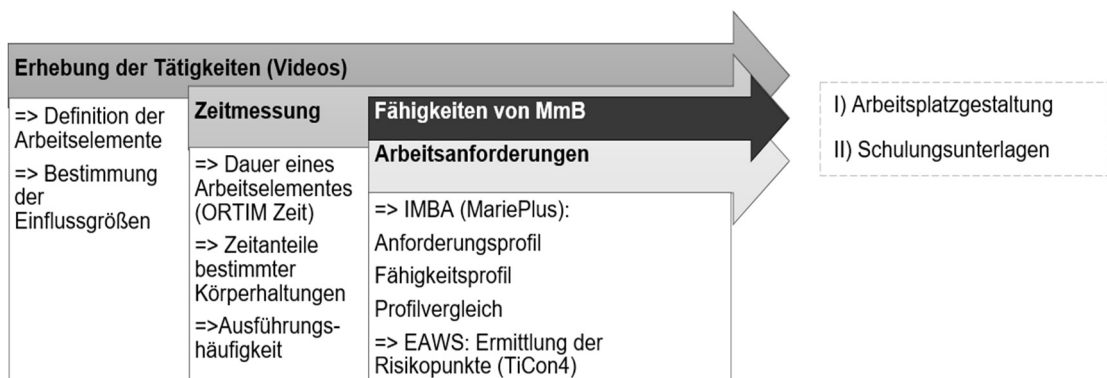


Abb. 1: Einsatzbereich und Ergebnisinhalt der angewendeten digitalen Analysehilfsmittel

Als digitale Hilfsmittel zur Dokumentation und Evaluierung von Arbeitsprozessen wurden Videoaufnahmen und Fotos identifiziert sowie erprobt. Für die arbeitswissenschaftlichen Fragestellungen wurde der Arbeitszeitbedarf über die Videoaufnahmen ermittelt. Der Arbeitsprozess wurde dazu nach der Arbeitselementemethode nach Auernhammer [Au76] in Arbeits(teil)vorgänge und Arbeitselemente gegliedert und der Arbeitszeitbedarf ermittelt. Die Messung erfolgte mit der Zeitmesssoftware ORTIM Zeit, in der jedes Element einen Ablaufabschnitt darstellte. Im Tabellenkalkulationsprogramm Excel wurden die Zeitwerte dokumentiert und statistisch aufbereitet. Die Zeitanteile wurden einerseits benötigt, um die Arbeitsprozesse im Zeitbedarf zu modellieren. Andererseits dienten die Zeitwerte der Bewertung der biomechanischen Risiken.

IMBA wurde zur Analyse der Anforderungen im Gartenbau und Fähigkeiten von MmB in Sozialeinrichtungen gewählt, da es ein umfassenderes Instrument als MELBA ist und weniger Kategorien als die ICF beinhaltet. IMBA wurde bisher in der industriellen Praxis sowie im Handel eingesetzt und hat sich dort auch bewährt. Mit IMBA wurde beispielsweise für die MitarbeiterInnen des Integrationsteams der FORD-Werke AG die Inklusion von MmB in bestehende Arbeitsprozesse maßgeblich erleichtert [Ad04]. Viele MitarbeiterInnen fanden neue Arbeitsaufgaben [Ad04].

In dieser Studie wurden auf Basis von 47 von insgesamt 70 Merkmalen die Arbeitsplatzanforderungen sowie menschlichen Fähigkeiten erhoben. Diese umfassten Beurteilungen bezogen auf körperliche Aspekte, die Informationsverarbeitung sowie psychosoziale und kognitive Qualifikationen.

Die Dateneingabe und -verarbeitung wurde durch die Software MARIEplus (Matching Abilities and Requirements to Increase Evidence) unterstützt. Auf Basis der Anforderungs- und Fähigkeitsprofile wurden Profilvergleiche durchgeführt. Diese belegten die personenbezogenen Über- und Unterforderungen für die ausgewählten Tätigkeiten. Erhöhte Anforderungen wurden durch die anschließende Risikobewertung im Detail beschrieben.

Zur detaillierten Belastungsanalyse und Identifikation der biomechanischen Risiken am Arbeitsplatz wurde EAWS (Ergonomic Assessment Worksheet) ausgewählt. Mit EAWS konnten ergonomische Defizite ausgewählter Arbeitsplätze gut erkannt und Gestaltungsmöglichkeiten im Sinne der Risikovermeidung abgeleitet werden. Auf Basis einer Punkteskala wurde das Risiko dargestellt und der damit verbundene Interventionsbedarf identifiziert. Für die Bewertung wurden Informationen über den Zeitanteil sowie die Häufigkeit einer bestimmten Tätigkeit benötigt. Diese lagen in Form der anfangs durchgeführten Zeitstudien bereits vor.

Die Bewertungen wurden in der Software TiCon4 vorgenommen. Diese Vorgangsweise bot den Vorteil, dass der Arbeitsprozess in einer Datenbank gespeichert und modelliert werden konnte. Ferner wurden die Punkte sowohl bezogen auf den gesamten Körper als auch die oberen Extremitäten ausgegeben.

Die Kombination der Messinstrumente bot die Möglichkeit, über wiederholte Beobachtung Arbeitsplatzbeurteilungen vorzunehmen. Diese wurden für komplexe manuelle Arbeitssysteme, wie sie im Gartenbau vorliegen, bis dato kaum durchgeführt. Die Studie zeigte damit auf, dass digitale, messtechnische Analysehilfsmittel für arbeitswissenschaftliche Fragestellungen im Bereich der Inklusion kombiniert eingesetzt werden können. Der daraus resultierende Mehrwert besteht in der höherwertigen Ergebnisqualität, auf Basis umfangreicher digitaler Daten zu Anforderungen und Fähigkeiten sowie Profilvergleichen.

Auf Basis dieser Ergebnisse können unter Nutzung von Videoschnittsoftware barrierefreie Schulungsfilme erstellt werden. Berücksichtigt wird, dass diese einfach verständlich sind, deren Inhalte selbsterklärend gestaltet werden und die Arbeitsprozesse gemäß guter fachlicher Praxis, menschen- sowie behindertengerecht, simuliert werden.

Literaturverzeichnis

- [Ad04] Adenauer, S: Die (Re-) Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter in den Arbeitsprozess. Ford-Werke AG, 2004.
- [Au76] Auernhammer, H: Eine integrierte Methode zur Arbeitszeitanalyse. KTBL-Schrift, 1976.
- [Bu17] Bundesministerium für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz. Bericht der Bundesregierung über die Lage der MmB in Österreich, 2016.
- [Fi06] FiBL Deutschland e.V. Forschungsinstitut für biologischen Landbau: Schaffung von Arbeitsplätzen für Menschen mit Behinderung in landwirtschaftlichen Betrieben, 2006.
- [In17] Institut für Qualitätssicherung in Prävention und Rehabilitation an der Deutschen Sporthochschule Köln: <http://www.iqpr.de/iqprweb/seiten/dienstleistung/profilvergleich/referenzen/referenzen.aspx>. Abruf: 2.5.2017.
- [Ku06] Kulig, W: Quantitative Erfassung des Hilfebedarfs von Menschen mit Behinderung. Martin-Luther-Universität Halle Wittenberg, 2006.
- [Lu98] Lukzac, H: Arbeitswissenschaften. Springer Verlag Berlin, 1998.
- [Pr10] Prash, M: Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter in die variantenreiche Serienmontage. Dissertation. Technische Universität München, 2010.
- [Wi17] Wittemann, P: Konzeption eines Verfahrens zur Ableitung ergonomischer Gestaltungslösungen für fähigkeitsgerechte Arbeitsplätze. Dissertation. Technische Universität Darmstadt, 2017.

Einsparpotenziale der Rohmilchlogistik durch Standardisierung der Milchsorte innerhalb eines Milcheinzugsgebietes

Angewandte Umstellungsmodellierung anhand eines realen Milcheinzugsgebietes

Michael Schmid¹ und Heinz Bernhardt¹

Abstract: Dieser Beitrag untersucht die Ermittlung des ökonomischen und des nachhaltigen Einsparpotenzials einer Milchlogistikkette durch die Standardisierung einer Milchsorte innerhalb eines Milcheinzugsgebietes. Die zunehmende Nachfrage des Konsumenten nach aus diversifizierten Milchsorten (Bio-Milch, oGT-Milch) hergestellten Milchprodukten erfordert eine milchsortenspezifische Erfassung, die zunehmende Herausforderungen an die Rohmilchlogistik stellt. Dazu werden exemplarisch das ökonomische und nachhaltige Einsparpotenzial der Rohmilchlogistik eines Milcheinzugsgebietes mit zwei Milchsorten und dasselbe Milcheinzugsgebiet mit einer standardisierten Milchsorte analysiert. Wie in der Milchwirtschaft üblich, werden die milcheinzugsgebietsabhängigen Kosten einer Milchlogistikkette während eines Abholintervalls mittels Vollkostenrechnung erhoben. Die transportabhängigen Treibhausgasemissionen in CO₂-Äquivalenten werden über den Well-to-Wheel-Ansatz kalkuliert. Durch die milcheinzugsgebietsabhängige Standardisierung der Milchsorte sinken die spezifischen Vollkosten und Treibhausgasemissionen der Milchlogistik. Ferner werden in der Milchverarbeitung durch unifizierte Milchsorten Kosten und CO₂-Emissionen reduziert.

Keywords: Standardisierung der Milchsorte; ökonomische und nachhaltige Bewertung; Einsparpotenzial.

1 Einleitung

Bei regelmäßigen Umfragen unter Verbrauchern zum Thema Lebensmittelkauf werden immer wieder steigende Ansprüche des Konsumenten zur Haltung und Fütterung der Tiere deutlich [SLM13]. Gerade im Bereich der Milchwirtschaft hat sich in den letzten Jahren die Nachfrage nach Milchprodukten, hergestellt aus der Milchsorte „ohne Gentechnik“ (oGT), deutlich erhöht, so dass im Jahr 2017 bereits 60 % der bayrischen Milch nach den Kriterien des Verbandes für Lebensmittel ohne Gentechnik e. V. erzeugt wurden. Ebenfalls verdeutlicht die deutliche Zunahme von „Nischen-Milchsorten“ wie Biomilch, Heumilch, Bergbauernmilch oder Weidemilch die steigende Milchsortendynamik [KB17]. Diese diversifizierte Nachfrageentwicklung erfordert jedoch für

¹ Chair of Agricultural Systems Engineering/Technical University of Munich, Am Staudengarten 2, 85354 Freising-Weihenstephan, Germany, Michael.schmid, heinz.bernhardt@wzw.tum.de

milchverarbeitende Unternehmen nicht nur eine milchsortenspezifische Verarbeitung in der Molkerei, sondern auch milchsortenspezifische Milcherfassung und Transporte in die Molkerei. Allerdings erzeugen oftmals aus milcherzeugerindividuellen Gründen nicht alle Milcherzeuger innerhalb eines Milcheinzugsgebietes die gleiche Milchsorte, so dass die Milcheinzugsgebiete zur sortenspezifischen Erfassung mehrmals während eines Abholintervalls abgefahren werden müssen. Vor diesem Hintergrund stehen Molkereien vor der Fragestellung, die Milchsorte mittels Novellierung des Milchkaufvertrages oder entsprechender Zuschläge an die Milcherzeuger innerhalb eines Milcheinzugsgebietes zur Optimierung der Milchlogistik zu vereinheitlichen.

Anstatt die Optimierungsmöglichkeiten der Umstellung eines Milcheinzugsgebietes mit zwei Milchsorten auf eine Milchsorte mit pauschalen Beträgen zu bewerten, soll im Rahmen dieses Beitrages das logistische Einsparpotenzial basierend auf den Indikatoren Vollkosten und CO₂-Emissionen durch die Standardisierung der Milchsorte modellhaft für ein Milcheinzugsgebiet ermittelt werden.

2 Material und Methoden

Im betrachteten Milcheinzugsgebiet in Bayern werden derzeit die Milchsorten „ohne Gentechnik“ und „konventionell“ während eines Abholintervalls getrennt erfasst und getrennt zur Molkerei transportiert. Dabei erzeugen derzeit 28 Milcherzeuger mit einer durchschnittlichen Milchmenge von 2.056 kg/Erzeuger und Abholintervall die Milchsorte „oGT“. Somit produzieren diese Milcherzeuger 57.568 kg während eines Abholintervalls. Die 16 Milcherzeuger der konventionellen Milch sind während des Abholintervalls mit einer durchschnittlichen Milchmenge von 1.576 kg/Erzeuger und Abholintervall charakterisiert, so dass eine Gesamtmilchmenge an konventioneller Milch während des Abholintervalls von 25.216 kg resultiert. Nachfolgende Abbildung 1 veranschaulicht das betrachtete Milcheinzugsgebiet vor der Umstellung. Dabei sind die Milcherzeuger, die konventionelle Milch erzeugen, mit einem Kreuz markiert, während die Milcherzeuger mit oGT-Milcherzeugung mit einer Wolke gekennzeichnet sind.

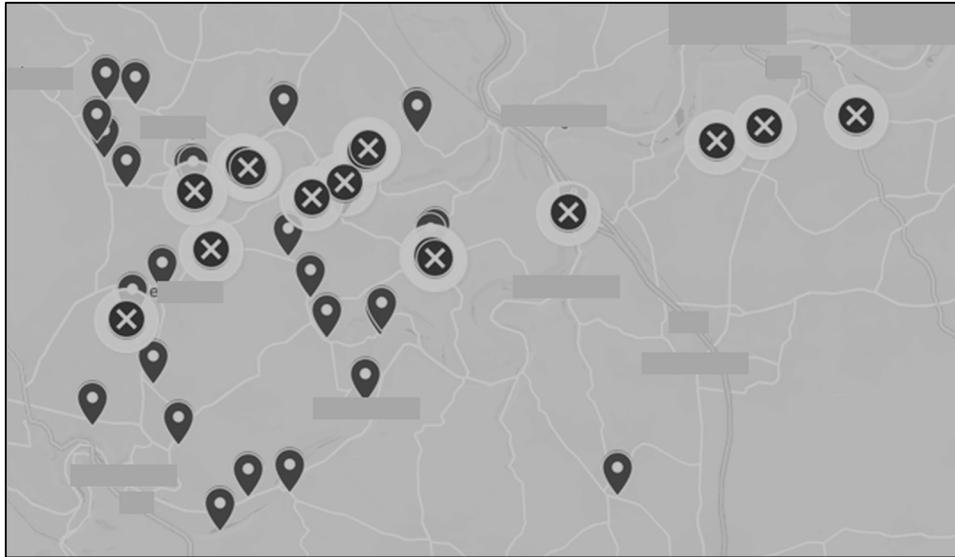


Abb. 1: Betrachtetes Milcheinzugsgebiet mit 28 oGT-Milcherzeugern, gekennzeichnet mit einer Wolke, und 16 konventionellen Milcherzeugern, gekennzeichnet mit einem Kreuz

Das in Abbildung 1 dargestellte Milcheinzugsgebiet zeigt, dass im weitläufigen Milcheinzugsgebiet einzelne Orte aufgrund unterschiedlicher Milchsorten zur Milcherfassung während eines Abholintervalls doppelt angefahren werden. Nach der Umstellung auf die einheitliche Milchsorte oGT innerhalb des betrachteten Milcheinzugsgebietes wird die gesamte Milchmenge an standardisierter Milch der 44 Milcherzeuger 82.764 kg während des Abholintervalls betragen. Nachfolgende Tabelle 1 fasst die wichtigsten Daten zu den betrachteten Milchsortenszenarien A, B und C zusammen.

Kennzahl	Einheit	Milchsortenszenario		
		A	B	C
Anzahl Milcherzeuger	Anzahl	28	16	44
Milchmenge/Erzeuger	kg/Erzeuger u. Intervall	2.056	1.576	1.881
Milchmenge gesamt	kg/Intervall	57.568	25.216	82.764
Zwischenerzeugerentfernung	km	5,5	6,6	3,7
Distanz zur Molkerei	km	64	73,5	68

A: Teilmilcheinzugsgebiet mit der Milchsorte oGT vor der Umstellung

B: Teilmilcheinzugsgebiet mit der Milchsorte konventionell vor der Umstellung

C: Gesamtmilcheinzugsgebiet nach der Umstellung auf eine einheitliche Milchsorte oGT

Tab. 1: Kennzahlen des betrachteten Milcheinzugsgebietes vor und nach der Umstellung auf eine Milchsorte

Zur Logistikmodellierung für die Szenarien vor und nach der Umstellung wird die Verfahrensvariante Dreiachser-LKW mit Zweiachser-Anhänger gebrochen betrachtet. Dabei weisen die Transportmittel LKW und Anhänger jeweils eine Nutzlast von 13 t auf. Die Kosten und Leistungsdaten dieser Verfahrensvariante sind von Schmid et. al entnommen [SWB18a]. Die Bewertung der Kosten basiert auf der Vollkostenkalkulation, die die einzelnen Verfahrensschritte der Milchlogistik monetär bewertet [SWB18a]. Zur Erhebung der spezifischen CO₂-Emissionen wird der Well-to-Wheel-Ansatz herangezogen [SWB18b].

3 Ergebnis und Diskussion

Das Ergebnis der Vollkosten und Treibhausgasemissionen der Milchlogistik zeigt für die Milchszenarien A, B und C nachfolgende Abbildung 2.

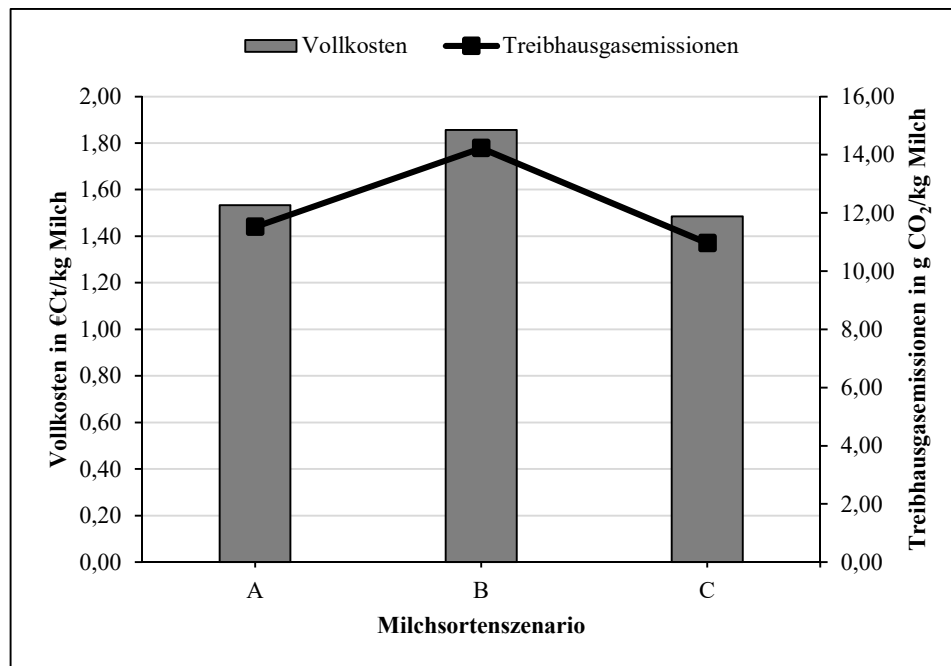


Abb. 2: Milchszenario-abhängige Vollkosten und Treibhausgasemissionen der Milchlogistik

Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, variieren die Vollkosten der Milchlogistik von 1,49 €Ct/kg im Milchszenario C bis zu 1,86 €Ct/kg im Milchlogistikszenario B. Die Vollkosten der Milchlogistik des derzeit erfassten Milchszenarios A betragen 1,53 €Ct/kg. Im Vergleich zwischen den Milchszenarien resultieren im Milchszenario B aufgrund der geringsten Milchdichte die höchsten Vollkosten der

Milchlogistik. Dabei definiert der Begriff Milchdichte den Quotienten aus erfasster Milch und der zurückgelegten Milcherfassungstrecke. Die Homogenisierung der Milchsorte, Erhöhung der Milchdichte und damit verbundene Erfassungstreckenreduzierung innerhalb des Milcheinzugsgebietes im Milchsortenszenario C begründen die niedrigsten Vollkosten der Milchlogistik zwischen den betrachteten Szenarien. Demnach beträgt das ökonomische Einsparpotenzial zwischen dem Milchlogistikszenario C und dem gewichteten Mittelwert der Milchlogistikszenerien A und B 0,15 €/Ct/kg. Damit können 133 €/Abholintervall und 24.273 €/Jahr eingespart werden.

Die spezifischen Treibhausgasemissionen der Milchlogistikszenerien liegen im Bereich von 10,97 g CO₂/kg Milch im Milchsortenszenario C und 12,23 g CO₂/kg Milch im Milchsortenszenario B. Dabei begründet ebenfalls die Erhöhung der Milchdichte mit Standardisierung der Milchsorte im gesamten Milcheinzugsgebiet die niedrigsten spezifischen Treibhausgasemissionen im Milchsortenszenario C. Somit lassen sich aus ökologischer Sicht durch die Homogenisierung der Milchsorte 1,38 g CO₂/kg Milch und 114,56 kg CO₂/Abholintervall reduzieren. Damit beträgt das jährliche Treibhausgaseinsparungspotenzial durch die Standardisierung der Milchsorte innerhalb des betrachteten Milcheinzugsgebietes 20,98 t CO₂/Jahr.

Für Molkereien bedeuten diese Ergebnisse, dass durch Standardisierung der Milchsorte innerhalb eines Milcheinzugsgebiets mit geringen milchsortenspezifischen Milchdichten das ökonomische und das ökologische Einsparpotenzial zunimmt.

4 Fazit

In diesem Beitrag wird das ökonomische und ökologische Einsparpotenzial der Milchlogistik durch Standardisierung der Milchsorte innerhalb eines Milcheinzugsgebietes betrachtet. Dabei beträgt das ökonomische und das ökologische Einsparungspotenzial durch die Standardisierung der Milchsorte jeweils 9 %.

Für eine tiefgründigere Bewertung innerhalb der Wertschöpfungskette Milch soll in weiteren Forschungsarbeiten das Einsparungspotenzial durch Verarbeitung einer Milchsorte in der Molkerei aufgrund höherer technischer Auslastung durch unifizierte Milchsorten analysiert werden. Daneben soll in weiteren Forschungsarbeiten das Einsparungspotenzial der Milcherfassung von verschiedenen Milchsorten innerhalb eines Transportmittels zur Reduzierung der Milcherfassungstrecke untersucht werden.

Literaturverzeichnis

- [KB17] Kellermann, M.; Berghaus-Schmidt, S.: Milchmarkt mit neuer Dynamik. Aktuelle Qualitätstrends der bayerischen Milchwirtschaft. In: Deutsche Molkereizeitung (15), S. 12-15, 2017.
- [SLM13] Schleyer, A.; Lorleberg, W.; Mergenthaler, M.: Steigerung der landwirtschaftlichen Wertschöpfung durch Produkte aus Weidehaltungssystemen, Fachhochschule Südwestfalen, Soest, 2013.
- [SWB18a] Schmid, M.; Wörz, S.; Bernhardt, H.: Kalkulationsrechnung für ein optimales Milch Supply Chain Management. In: 21. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium: Arbeit in der digitalen Transformation, S. 186-195, 2018a.
- [SWB18b] Schmid, M.; Wörz, S.; Bernhardt, H.: Milk transport costs and carbon emissions of various triggered milk logistic chains. In: New engineering concepts for a valued agriculture, AgEng Conference 2018, Wageningen, 2018b.

Rentabilität der Rohmilchkonzentration im Milcheinzugsgebiet bei unterschiedlichen Transportentfernungen

Transportfahrtenreduzierung durch Rohmilchkonzentration

Michael Schmid¹, Heinz Bernhardt¹

Abstract: Dieser Beitrag befasst sich mit der Rohmilchlogistik, deren Rohmilchkonzentration als Verfahrenskonsequenz der Umkehrosiose resultiert, und untersucht deren ökonomisches und ökologisches Optimierungspotenzial. Deshalb werden die Vollkosten und Treibhausgasemissionen der Milchlogistik für verschiedene Entfernungsdistanzen, jeweils mit und ohne Konzentration der Rohmilch in einem Milcheinzugsgebiet ermittelt. Dazu werden die Kosten der Rohmilchlogistik für vier verschiedene Entfernungsszenarien zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei mit Hilfe der Vollkostenkalkulation jeweils mit und ohne Konzentration der Rohmilch durch Umkehrosiose erhoben. Die Konzentration der Rohmilch basierend auf einer stationären Konzentrationsanlage im Milcheinzugsgebiet ist aus betriebswirtschaftlicher Perspektive ab einer Distanz von 383 km zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei rentabel. Somit liefert die Rohmilchkonzentration einen logistischen Optimierungsvorsprung für die zunehmenden Entfernungen zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei im Rahmen des Strukturwandels in der Wertschöpfungskette Milch.

Keywords: Strukturwandel; Rohmilchkonzentration; CO₂-Optimierungspotenzial; Ökonomisches Optimierungspotenzial.

1 Einleitung

Die Wertschöpfungskette Milch liefert in Deutschland einen wichtigen Beitrag zur Stärkung des ländlichen Raumes im Sinne von verfügbaren Arbeitsplätzen und Pflege der Kulturlandschaft. Dabei hat der Strukturwandel aufgrund des technischen Fortschrittes in den letzten Jahren weiter zugenommen, so dass die Anzahl an Milchviehhältern in Deutschland deutlich abgenommen hat, während sich die durchschnittlich erzeugte Milch pro Milcherzeuger erhöht hat [NBT13]. Daneben ist bei den Milcherzeugern eine regionale Konzentration auf einzelne „Gunstandorte“ zu beobachten, an denen sich die Milch am billigsten und damit wettbewerbsfähigsten produzieren lässt [LIF08]. Darüber hinaus hat sich auch bei den Milch verarbeitenden Unternehmen der Strukturwandel und damit der Konzentrations- und Konsolidierungsprozess in den letzten Jahren fortgesetzt. Dieser Konzentrationsprozess bei den Milcherzeugern und Milch verarbeitenden Unternehmen führt zu steigenden

¹ Chair of Agricultural Systems Engineering/Technical University of Munich, Am Staudengarten 2, 85354 Freising-Weihenstephan, Germany, michael.schmid, heinz.bernhardt@wzw.tum.de

Transportdistanzen der Rohmilch zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei, so dass die Optimierung der Milchlogistik zunehmende Beachtung gewinnt [BM17].

Neben der Optimierung der verfahrensartabhängigen Milchlogistikketten bietet der technische Fortschritt im Bereich der Milchtechnologie Möglichkeiten der Konzentration von Rohmilch [SWB18a, SWB18b]. Wird diese im Molkereibereich bereits weitverbreitete Technologie in einer stationären Konzentrationsanlage im Milcheinzugsgebiet durchgeführt, kann die Anzahl an Milchtransportfahrten vom Milcheinzugsgebiet zur Molkerei reduziert werden. Zur Konzentration wird die Technologie der Umkehrosmose angewendet. Dabei handelt es sich um ein Filtrationsverfahren, bei dem sämtliche Feststoffe einer Flüssigkeit konzentriert werden. Demnach wird Umkehrosmose unter Verwendung einer technischen Anlage durchgeführt, bei der die Rohmilch mit Druck gegen eine sehr dichte Membran gedrückt wird, die nur Wasser passieren kann. Bei diesem Verfahrensschritt bleiben die Feststoffe einer Flüssigkeit zurück, die als Retentat bezeichnet werden. Der bei diesem Verfahren angewendete Druck muss größer sein als der osmotische Druck der Flüssigkeit in Abhängigkeit der verwendeten Membran. So kann bei der Rohmilch der Trockenmassegehalt von 12,5 % mittels Umkehrosmose zu einem Vollmilchkonzentrat von 34,0 % Trockenmasse erhöht werden [ZBP11].

Deshalb soll zur richtigen Strategieformulierung Milch verarbeitender Unternehmen bei steigenden Transportdistanzen zwischen Milcheinzugsgebiet und Milch verarbeitenden Unternehmen im Rahmen dieses Beitrages das logistische Einsparpotenzial der stationären Milchkonzentration im Milcheinzugsgebiet bei unterschiedlichen Transportdistanzen zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei erhoben werden. Dabei stellt sich insbesondere die Frage, ab welcher Distanz zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei die stationäre Konzentration der Rohmilch aus ökonomischer und ökologischer Perspektive im Milcheinzugsgebiet sinnvoll ist.

2 Material und Methoden

Das im Rahmen dieses Beitrages betrachtete Milcheinzugsgebiet besteht aus 80 Milcherzeugern mit einer durchschnittlichen Milchmenge von 2.200 kg/Milcherzeuger und Abholintervall. Deshalb müssen pro Abholintervall 176.000 kg Milch erfasst und zur Molkerei transportiert werden. Dabei beträgt die durchschnittliche Distanz zwischen den einzelnen Milcherzeugern 4,1 km. Zum ökonomischen Vergleich werden die Vollkosten exemplarisch für vier verschiedene Distanzen des beschriebenen Milcheinzugsgebietes zur Molkerei erhoben. Darüber hinaus erfolgt eine spezifische Bewertung der Treibhausgasemissionen in CO₂-Äquivalent sowohl ohne Konzentration der Rohmilch (A) im Milcheinzugsgebiet, als auch mit einer Konzentration der Rohmilch (B) im Milcheinzugsgebiet. Nachfolgende Tabelle 1 veranschaulicht anhand einer Szenarienmatrix die evaluierten Szenarien.

	Ohne Konzentration (A)	Mit Konzentration (B)
Transportdistanz I (100 km)	AI	BI
Transportdistanz II (200 km)	AII	BII
Transportdistanz III (300 km)	AIII	BIII
Transportdistanz IV (400 km)	AIV	BIV

Tab. 1: Szenarienmatrix zwischen der Bearbeitung der Rohmilch im Milcheinzugsgebiet und unterschiedlichen Transportdistanzen zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei

Die Bewertung aller Szenarien erfolgt für ein 48-h-Abholintervall. Als Verfahrensvariante für die betrachteten Szenarien wird die Verfahrensvariante Vierachser-LKW und Milchtransportaufleger gebrochen zu Grunde gelegt. Im Szenario A ohne Konzentration der Rohmilch erfasst der Vierachser solo Milch bei den Milcherzeugern, die an einem zentralen Punkt im Milcheinzugsgebiet in den Milchtransportaufleger umgepumpt wird. Jedoch muss bei dieser Verfahrensvariante sichergestellt werden, dass der Vierachser solo mindestens einmal während des Abholintervalls aus Reinigungsgründen zur Molkerei zurückkehrt. Dabei beträgt die Nutzlast des Vierachser-LKW solo 17,2 t und die des Milchtransportauflegers 28,0 t. Zur ökonomischen Bewertung der spezifischen Vollkosten wird die Methode der Vollkostenrechnung angewendet, die sich systematisch an den einzelnen Verfahrensschritten der Milchlogistik orientiert [SWB18b]. Die verwendete Methode der Treibhausgasbilanzierung fußt auf dem „Well-to-Wheel-Ansatz“ [SWB18a].

Bei den distanzabhängigen Szenarien mit Konzentration der Rohmilch wird angenommen, dass an einem zentral gelegenen Punkt im Milcheinzugsgebiet eine Rohmilchkonzentrationsanlage steht. Im Modell im Szenario B mit Konzentration wird zugrunde gelegt, dass der Vierachser solo die Milch bei den Milcherzeugern erfasst und zur zentral gelegenen stationären Konzentrationsanlage transportiert. Nach der Konzentration der Rohmilch von 12,5 % Trockenmasse auf 34 % Trockenmasse wird die Milch von der Konzentrationsanlage per Milchtransportaufleger zur Molkerei befördert. Die Vollkosten und Treibhausgasemissionen der Milchkonzentration sind aus Veröffentlichungen von Zucker et al. [ZBP11] und Verge et al. [VMD13] entnommen. Im Unterschied zum Szenario A fährt im Szenario B der Vierachser solo während des Abholintervalls nicht zur Molkerei zurück, da auch bei der im Milcheinzugsgebiet gelegenen Konzentrationsanlage eine Reinigungsmöglichkeit besteht.

3 Ergebnis und Diskussion

Die spezifischen distanzabhängigen Vollkosten zeigt nachfolgende Abbildung 1 für die Szenarien mit und ohne Konzentration der Rohmilch im Milcheinzugsgebiet.

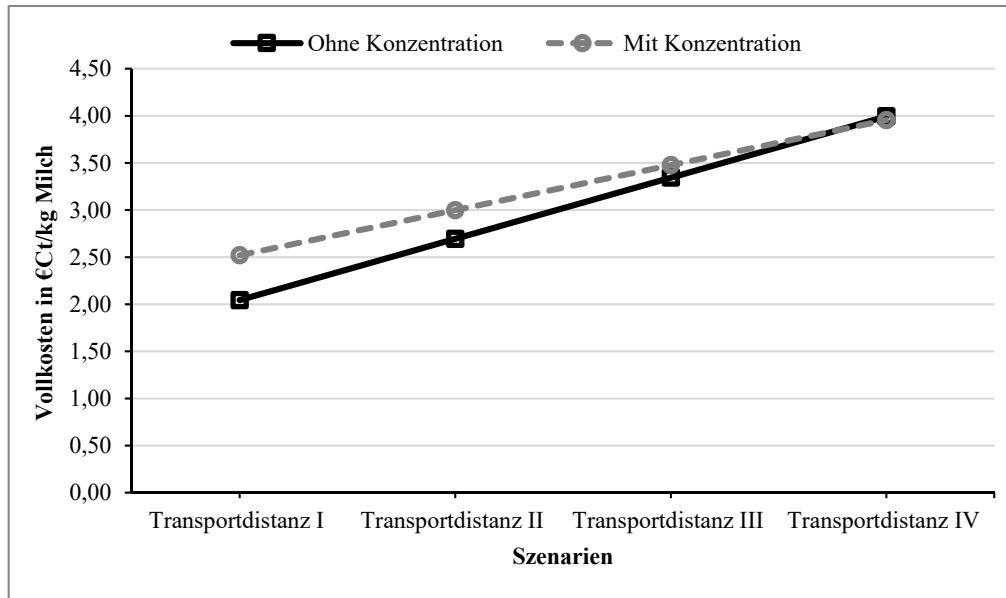


Abb. 1: Vollkosten der Milchlogistik für verschiedene Transportdistanzen zwischen Molkerei und Milcheinzugsgebiet ohne Konzentration der Rohmilch im Milcheinzugsgebiet (schwarz) und mit Konzentration der Rohmilch im Milcheinzugsgebiet (grau)

Die Vollkosten der Milchlogistik variieren im Szenario A, ohne Konzentration der Rohmilch im Milcheinzugsgebiet, von 2,05 €Ct/kg bei Transportdistanz I bis zu 4,00 €Ct/kg bei Transportdistanz IV. Somit steigen die Vollkosten der Milchlogistik mit zunehmender Distanz zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei, weil die Vollkosten proportional mit der Distanzerhöhung zunehmen. Bei den Szenarien mit Konzentration der Rohmilch im Szenario B reichen die Vollkosten der Milchlogistik von 2,52 €Ct/kg bei der Transportdistanz I bis zu 3,96 €Ct/kg Milch in Transportdistanz IV. Dabei steigen die Vollkosten der Milchlogistik ebenfalls mit Zunahme der Transportdistanz.

Der Vergleich der Szenarien mit und ohne Konzentration der Rohmilch im Milcheinzugsgebiet zeigt, dass im betrachteten Szenario der Einsatz einer stationären Konzentrationsanlage im Milcheinzugsgebiet erst ab einer Distanz von 383 km zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei ökonomisch gerechtfertigt ist. Somit können bei der betrachteten Transportdistanz IV aus Sicht einer Molkerei durch den Einsatz einer stationären Milchkonzentrationsanlage im Milcheinzugsgebiet 0,04 €Ct/kg und damit 70,07 € während des Abholintervalls eingespart werden. Die Rentabilität der Rohmilchkonzentration mit einer hohen Transportentfernung ist dadurch begründet, dass die Transportfahrtenreduktion von 27 % im Szenario B die Vollkosten der Rohmilchkonzentration von 0,7 €Ct/kg Milch erst ab einer Distanz von 383 km amortisiert.

Bei den distanzabhängigen Szenarien ohne Konzentration der Rohmilch im Milcheinzugsgebiet differieren die spezifischen Treibhausgasemissionen von 18,25 g CO₂/kg

Milch im Szenario AI bis zu 40,07 g CO₂/kg Milch im Szenario AIV. Daneben variieren die spezifischen Treibhausgasemissionen der Logistik bei den Szenarien mit Konzentration der Rohmilch von 19,81 g CO₂/kg Milch im Szenario BI bis zu 34,16 g CO₂/kg Milch im Szenario BIV. Somit ist basierend auf der Bewertung der Treibhausgasemissionen die Konzentration der Rohmilch in einer stationären Konzentrationsanlage im Milcheinzugsgebiet ab einer Distanz von 158 km zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei ökologisch gerechtfertigt.

Damit liegt die Distanz, ab der die Konzentration der Rohmilch im Milcheinzugsgebiet vor dem Hintergrund der Treibhausgasemissionsreduzierung rentabel ist, unter der betriebswirtschaftlich begründeten Distanz. Diese große Differenz wird dadurch begründet, dass die spezifischen CO₂-Treibhausgasemissionen durch die Konzentration in Relation zu den spezifischen Treibhausgasemissionen niedriger sind als die verursachten Vollkosten der Konzentration in Relation zu den Vollkosten der Logistik.

4 Fazit

Dieser Beitrag analysiert die Rentabilität der Rohmilchkonzentration bei unterschiedlichen Transportdistanzen zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei. Dabei ist aus betriebswirtschaftlicher Sicht die stationäre Konzentration der Rohmilch im Milcheinzugsgebiet ab einer Distanz von 383 km zwischen Milcheinzugsgebiet und Molkerei gerechtfertigt. Aus der Perspektive der Reduzierung der Treibhausgasemissionen beträgt diese Distanz 158 km.

Somit kann die Konzentration von Rohmilch mittels Umkehrosmose in einer stationären Konzentrationsanlage im Milcheinzugsgebiet einen betriebswirtschaftlich und ökologisch begründeten Lösungsansatz vor dem Hintergrund des fortlaufenden Strukturwandels in der Wertschöpfungskette Milch schaffen.

Literaturverzeichnis

- [Bm17] BMEL: Milchbericht 2017 des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft. Berlin, 2017.
- [LIF08] Lassen, B.; Isermeyer, F.; Friedrich, C.: Milchproduktion im Übergang – eine Analyse von regionalen Potenzialen und Gestaltungsspielräumen. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie. Braunschweig, 2008.
- [NBT13] Nier, S.; Bäurle, H.; Tamasy, C.: Die deutsche Milchwirtschaft im Strukturwandel. Institut für Strukturforchung und Planung in agrarischen Intensivgebieten, Vechta, 2013.
- [SWB18a] Schmid, M.; Wörz, S.; Bernhardt, H. (2018a): Economic comparison and carbon emissions of payload optimized milk logistic chains. In: New engineering concepts for a valued agriculture, AgEng Conference 2018, Wageningen, 2018a.
- [SWB18b] Schmid, M.; Wörz, S.; Bernhardt, H.: Kalkulationsrechnung für ein optimales Milch Supply Chain Management. In: 21. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium: Arbeit in der digitalen Transformation, S. 186-195, 2018b.

- [SWB18c] Schmid, M.; Wörz, S.; Bernhardt, H.: Vergleich von Verfahrensvarianten einer Milchlogistikette zwischen Milcherzeuger und Molkerei. In: Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft, S. 219-222, 2018c.
- [VMD13] Verge, X. P. C.; Maxime, D.; Dyer, J. A.; Desjardins, R. L.; Arcand, Y.; Vanderzaag, A.: Carbon footprint of Canadian dairy products: Calculations and Issues. In: Journal of Dairy Science (96), S. 6091-6104, 2013.
- [ZBP11] Zucker, G.; Blumenstock, S.; Paar, S.: Sinnvoll Aufkonzentrieren – aber wie? Ein Anwendungsvergleich von Umkehrosmose und Eindampfung. In: DMW – Die Milchwirtschaft 2 (19), S. 652-653, 2011.

IT in der Landwirtschaft: mit einheitlichen Definitionen zu einheitlichem Verständnis

Sirkka Schukat, Ludwig Theuvsen und Heinke Heise¹

Abstract: Informations- und Kommunikationstechnologien prägen zunehmend den landwirtschaftlichen Sektor. Trotz wirtschaftlicher Vorteile verlaufen Investitionen in neue Technologien in der Landwirtschaft zögerlich, insbesondere bei kleineren Betrieben. Ein möglicher Grund dafür ist das mangelnde Wissen der Landwirte hinsichtlich der technischen Aspekte der Neuerungen und die mit ihnen einhergehenden Kosten-Nutzen-Wirkungen. Gegenstand dieses Beitrags ist die Aufarbeitung relevanter Begrifflichkeiten, die im Zusammenhang mit Digital Farming in Analogie zum Konzept der Industrie 4.0 Verbreitung gefunden haben, um ein einheitlicheres und praxistaugliches Verständnis zu schaffen.

Keywords: Smart Farming, Digitalisierung

1 Einleitung

Als Folge des Trends zu innovativen, sich zum Teil selbst vernetzenden Technologien findet die Diskussion um Industrie 4.0 und Digitalisierung auch vermehrt Einzug in den Bereich der Landwirtschaft. Gerade für kleinere landwirtschaftliche Betriebe, die ihre Existenz immer mehr bedroht sehen, könnte Digital Farming einen wichtigen Beitrag zur Steigerung ihrer Wirtschaftlichkeit leisten. Doch oftmals sind grundlegende Begrifflichkeiten, die im Zusammenhang mit Digital Farming verwendet werden, nicht ausreichend bekannt und werden zum Teil fälschlicherweise synonym verwendet. Um die beschriebene Wissenslücke zu schließen und die daraus resultierenden Akzeptanzdefizite zu beseitigen, ist es unabdingbar, dass ein besseres Verständnis der Begrifflichkeiten rund um den IT-Einsatz in der Landwirtschaft geschaffen wird.

Gegenstand dieses Beitrags ist vor diesem Hintergrund die Gegenüberstellung, Differenzierung und Erläuterung jener Begrifflichkeiten, die im Zusammenhang mit der dritten und vierten industriellen Revolution entwickelt worden sind sowie deren Einordnung in den Gesamtkontext der Landwirtschaft. Zu diesen Begrifflichkeiten zählen Industrie 4.0, Digitalisierung, Cyber-physische Systeme (CPS) inklusive der Differenzierung von vertikaler und horizontaler Vernetzung, Internet of Things (IoT) sowie Digital Farming. Der Überblick über die verschiedenen Begriffe und deren Bedeutung dient der Schließung einer Wissenslücke in der landwirtschaftlichen Praxis

¹ Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Universität Göttingen, Platz der Göttingen Sieben 5, 37073 Göttingen, sirkka.schukat@uni-goettingen.de, theuvsen@uni-goettingen.de, heinke.heise@agr.uni-goettingen.de

und erleichtert die Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses von aktuellen Technologietrends als Grundlage der verstärkten Nutzung dieser Technologien.

2 Definitionen

2.1 Industrie 4.0

Industrie 4.0 steht für den fortwährenden Wandel der Industrie; synonym wird der Terminus „vierte industrielle Revolution“ verwendet. Dies ist zurückzuführen auf die Bekanntmachung der Bundesregierung aus dem Jahr 2011, welche die Industrie 4.0 als Teil der Hightech- und Innovations-Strategie 2020 versteht [Bi15]. Die Bezeichnung ist an die für Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) übliche Nummerierung von Updates angelehnt [KWH13]. Grundlage für Industrie 4.0 ist der erfolgreiche Einsatz von IKT und die damit verbundene Möglichkeit, Menschen, Dienste und Ressourcen echtzeitnah zu vernetzen [Sc16]. Dies wird mittels Verknüpfung physischer Prozesse der IKT zu CPS erreicht. Weiterhin steht Industrie 4.0 für eine Fokussierung auf flexible Produktionsstrukturen durch aktive, autonome sowie selbstorganisierende und -steuernde Produktionseinheiten [Bi15]. Die grundlegende Basis für Industrie 4.0 ist zunächst das Erreichen der Teilziele Computerisierung und Vernetzung, welche nach Schuh [Sc16] Bestandteile der dritten industriellen Revolution sind. Die Vernetzung ermöglicht die Verteilung der verarbeiteten Daten. Die intelligente Vernetzung findet nicht nur auf Prozessebene statt, sondern betrifft auch physische Produkte. Produkte werden dadurch zu Smart Products und können Daten für ihr virtuelles Abbild zur Verfügung stellen, wodurch sie beispielsweise innerhalb eines Unternehmens bzw. einer Wertschöpfungskette identifiziert und lokalisiert werden können [KWH13].

2.2 Digitalisierung

Häufig wird der Begriff Digitalisierung im Sprachgebrauch als Synonym für Industrie 4.0 verwendet. Dabei ist die Digitalisierung, wie eingangs erwähnt, bereits Merkmal der dritten industriellen Revolution und der automatisierungsgetriebenen Rationalisierung gewesen [Sc16]. Grundsätzlich bedeutet Digitalisieren das IKT-gestützte Erfassen, Aufbereiten und Speichern von Daten [BS16]. Rechnergestützte Anwendungen können die gespeicherten Daten nutzen und in Vorgänge, Prozesse und Arbeitsabläufe einfließen lassen, wodurch eine Automatisierung von Vorgängen, Prozessen und Arbeitsabläufen ermöglicht wird. Somit stellt die Digitalisierung die Datengrundlage für die Anwendung neuer Technologien dar.

Mittels geeigneter und anwendungsfallabhängiger Sensorik erfolgt das Erfassen von Daten. Die Sensorik liefert grundsätzlich analoge Größen, die zeit- und

wertkontinuierlich sind. Damit diese analogen Größen digital verarbeitet werden können, werden sie in äquivalente Digitalwerte gewandelt. Dieser Wandlungs- bzw. Umsetzungsprozess besteht aus den drei Phasen Abtastung, Quantisierung und Codierung. Die Datenspeicherung kann auf verschiedenen Speichermedien, z. B. lokalen Servern oder Clouds, erfolgen [Ka05]. Dabei werden in der Regel anwendungsspezifisch ausgestaltete Datenbanksysteme genutzt, um Daten zu speichern, zu beschreiben und abzufragen [OW12]. Diese bestehen aus einer Speicherkomponente, welche die Struktur und den Inhalt der Daten definiert, sowie einer Verwaltungskomponente, die mittels Abfrage- und Manipulationssprachen die Auswertung und Veränderung der in der Speicherkomponente vorhandenen Daten ermöglicht [MK16]. Relationale Datenbanksysteme, welche Daten in Tabellenform speichern, sind aufgrund ihrer Praktikabilität in der Praxis weit verbreitet [MB11]. Die Verwaltungskomponente in relationalen Datenbanksystemen verwendet die Structured Query Language (SQL) als Abfrage- und Manipulationssprache [UM12].

Die Digitalisierung befähigt intelligente Suchmaschinen und Indexierungen, Daten zu filtern, kategorisieren und zueinander in Bezug zu setzen, wodurch eine weltweite Nutzung, Bearbeitung und Verteilung selbst großer Datenmengen ermöglicht wird [Ke13]. Ein Beispiel dafür ist die elektronische Rechnungsprüfung. Der Datenerfassungsprozess kann über Scannen oder Eingabe in einen Computer digitalisiert werden; darüber hinaus lassen sich auch Rechenoperationen digital bzw. automatisiert durchführen, wie zum Beispiel bei der elektronischen Postkorbbearbeitung oder der Implementierung vollautomatisierter Buchungs- und Zahlungsvorgänge [En2016]. Digitalisierung ermöglicht durch die Erfassung, Aufbereitung und Speicherung von Daten den systemübergreifenden Austausch von Daten sowie deren Analyse. Durch die Digitalisierung wird die physikalische Umwelt in die Produktion miteinbezogen [Bo16].

2.3 Cyber-physische Systeme

CPS fungieren als Bindeglied zwischen der IKT- und der physikalischen Welt, was eine zunehmende Verschmelzung der physikalischen und der virtuellen Welt nach sich zieht [KWH13]. CPS verarbeiten über Sensoren generierte Daten aus der realen, physischen Umwelt und überführen sie mittels Software in eine virtuelle Welt. Die aufbereiteten Daten sind für netzbasierte Dienste verfügbar, die durch Aktoren wiederum Prozesse in der physischen Umwelt steuern können. Über multimodale Mensch-Maschine-Schnittstellen ist der Mensch mit dem CPS verbunden, wobei die Interaktionen bspw. über Spracheingaben, Sprachausgaben, Touch-Displays oder Gesten erfolgen können [BHV14].

Der Einsatz von CPS lässt sich grundsätzlich in zwei Anwendungsfelder übertragen, die vertikale und die horizontale Vernetzung [Bi15]. Die vertikale Vernetzung umfasst die Vernetzung entlang der Hierarchieebenen im Unternehmen selbst. Die Hierarchieebenen sind die Unternehmensleit-, die Betriebsleit-, die Prozessleit-, die Steuerungs- und die Feldebene [Sc16]. Die Unternehmensleitebene beschäftigt sich mit den

betriebswirtschaftlichen Kernaufgaben zur langfristigen Sicherung des Unternehmenserfolgs. Die Betriebsleitebene verantwortet das operative Tagesgeschäft. Die Prozessleitebene detailliert die Produktionsplanung, während die Steuerungsebene Signale aus der Feldebene verarbeitet und Aktoren der Feldebene steuert. Folglich befinden sich in der Feldebene Sensorik und Aktorik zur Datenerfassung und -aufbereitung [HLG15]. Die horizontale Vernetzung umfasst die Vernetzung entlang der Wertschöpfungskette, um eine intra- und interbetriebliche Kommunikation zwischen allen beteiligten Akteuren zu erreichen [HLG15]. Somit erweitert die horizontale Vernetzung die vertikale Vernetzung über die Grenzen des Unternehmens hinweg mit dem Ziel, Flexibilitäts- und Produktivitätsvorteile für das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk zu realisieren [KWH13]. Die internen Wertschöpfungsketten verschmelzen durch den Einsatz von CPS zu unternehmens- und hierarchieebenen-übergreifenden Wertschöpfungsnetzwerken.

2.4 Internet of Things

Der Begriff Internet of Things bzw. Internet der Dinge stand zunächst überwiegend für sich selbst organisierende Logistiknetzwerke, welche auf Radiofrequenzidentifikationstechnologie (RFID) beruhen. Mittlerweile umfasst der Begriff jedoch die Verknüpfung zwischen virtueller und physikalischer Welt mit dem Ziel der Sicherstellung der Kommunikationsfähigkeit in Form von Smart Products [PH14] [MF10]. Die Gesamtheit der Verknüpfungen von CPS wird als Internet der Dinge bezeichnet, das eine internetähnliche Struktur durch die virtuelle Repräsentation der physischen Umwelt darstellt [KWH13]. Im IoT können Informationen über die Prozesse des Unternehmens abgerufen werden.

Aus dem IoT leitet sich das Konzept des Internets der Dienste ab. Das Internet der Dienste bietet eine neue Form von Diensten auf Basis von CPS bzw. der Verknüpfung von CPS als IoT [Sc16]. Die Dienste werden softwareseitig ermöglicht und dienen der Unterstützung verschiedener Prozesse, indem aus dem IoT Informationen ausgeschleust werden. Nutzer der durch diese Dienste bereitgestellten Informationen können sowohl unternehmensinterne als auch unternehmensexterne Anwender sein [Li17].

2.5 Digital Farming

Während sich Industrie 4.0 auf den industriellen Sektor bezieht, bezeichnet Digital Farming vergleichbare technologische Entwicklungen im Sektor der Landwirtschaft. Die Digitalisierung der Landwirtschaft umfasst zwei verschiedene Entwicklungsstufen. Im Rahmen der ersten Stufe, dem Precision Farming, werden Informationen digital aufbereitet, beispielsweise in Form von Wetter-Apps, und dienen somit dem Landwirt zur Entscheidungsunterstützung. Beim Precision Farming handelt es sich damit um einen informationsbasierten Ansatz [BH16]. Die zweite Entwicklungsstufe des Digital

Farming stellt das Smart Farming dar. Wie bei Industrie 4.0 bildet auch beim Smart Farming der erfolgreiche Einsatz von IKT die Grundlage dafür, Menschen, Dienste und Ressourcen simultan in Echtzeit zu vernetzen. Smart Farming bedeutet bspw., dass CPS weltweit der Vernetzung von Betriebsmitteln, Maschinen und Lagersystemen dienen können. Der Gesamtprozess der Landwirtschaft inklusive der zugehörigen Wertschöpfungsnetzwerke kann durch Smart Farming optimiert werden, indem der Landwirt durch IKT in seinen Entscheidungen während des Produktionsprozesses unterstützt wird [KM16]. Kennzeichnend für Smart Farming ist, dass Maschinen und Geräte Informationen selbstständig verarbeiten und teilweise autonome Entscheidungen treffen, sodass dem Landwirt selbst immer mehr eine überwachende und kontrollierende Funktion zukommt [BH16]. Damit folgt das Smart Farming als zweite Entwicklungsstufe des Digital Farming einem wissensbasierten Ansatz. Als außenwirtschaftliche Beispiele sind autonom fahrende Erntemaschinen, Echtzeit-Bodenanalysen oder drohnenbasierte Online-Analysen zu Schädlingsbeständen zu nennen. Im Bereich der Tierhaltung kommen beispielsweise Sensoren zum Einsatz, die in der Lage sind, Daten zu physiologischen Parametern des Tieres zu erfassen und zu bewerten. Falls es zu Abweichungen der Gesundheitswerte kommt, kann der Landwirt über verschiedene Mensch-Maschine-Schnittstellen informiert werden.

3 Fazit

Insgesamt beschäftigt sich der vorliegende Beitrag mit aktuell relevanten Begrifflichkeiten aus dem technologischen Bereich. Somit kann der fälschlich synonyme Sprachgebrauch vermieden werden. Er zielt darauf ab, ein gemeinsames, aufklärendes Verständnis unter Landwirten zu generieren, um den Umgang mit innovativen Technologien zu vereinfachen. Zukünftig ist über die Zusammenstellung eines Begriffs- und Informationskataloges für Landwirte nachzudenken. Dieser kann den Landwirten dabei helfen, aktuelle Technologietrends zu verfolgen und zu verstehen.

Literaturverzeichnis

- [BHV14] Bauernhansl, T.; ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0. Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. Springer Verlag, Wiesbaden, 2014.
- [Bi15] Bischoff, J.: Industrie 4.0 im Mittelstand. Erschließen der Potenziale der Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand. agiplan GmbH, Mühlheim an der Ruhr, 2015.
- [Bo16] Boos, W.; Salmen, M.; Begovic, A.; Kelzenberg, C.; Stracke, F.: Smart Tooling. Printclub, Aachen, 2016.
- [BH16] Bovensiepen, G.; Hombach, R.: Quo vadis, agricola? Smart Farming: Nachhaltigkeit und Effizienz durch den Einsatz digitaler Technologien (pwc). URL: <https://www.pwc.de/de/handel-und-konsumguter/assets/smart-farming-studie-2016.pdf>. Zuletzt abgerufen, 19.10.2017.

-
- [BS16] Boos, W.; Salmen, M.: Digital vernetzen. Erfolgreich digital vernetzen auf dem Shopfloor im Werkzeugbau. Printclub, Aachen, 2016.
- [MB11] Meijer E.; Bierman, G.: A co-relational model of data for large shared data banks. Communications of the ACM 4/54, S. 49-58, 2011.
- [En2016] Ensinger, A.; Fischer, P.; Früh, F. Halstenbach, V.; Hüsing, C.: Digitale Prozesse. Begriffsabgrenzung und thematische Einordnung. Bitkom, Berlin, 2016.
- [HLG15] Heinrich, B.; Linke, P.; Glöckler, M.: Grundlagen Automatisierung. Sensorik, Regelung, Steuerung. Springer Verlag, Wiesbaden, 2015.
- [Ke13] Keuper, F.: Digitalisierung und Innovation. Planung, Entstehung, Entwicklungsperspektiven. Springer Verlag, Wiesbaden, 2013.
- [KM16] Kolz, D.; Moser, B.: SmarF: Herstellerübergreifende Vernetzung in der Landwirtschaft. UdZ – Unternehmen der Zukunft 17/2, S. 10-11, 2016.
- [KWH13] Kagermann, H.; Wolfgang, W.; Helbig, J.: Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt, 2013.
- [Li17] Lieberoth-Leden, C.; Rüsching, M.; Lechner, J. Günthner, W.: Logistik 4.0. In: Reinhart, G. (Hrsg.) Industrie 4.0 Handbuch Industrie 4.0. Carl Hanser Verlag, München, S. 451-512, 2017.
- [MF10] Mattern, F.; Flörkemeier, C.: Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge. Informatik Spektrum 33/2, S. 107-121, 2010.
- [MK16] Meier, A.; Kaufmann, M.: SQL- & NoSQL-Datenbanken. Springer Verlag, Berlin, 2016.
- [OW12] Ottmann, T.; Widmayer, P.: Algorithmen und Datenstrukturen. 5. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg, 2012.
- [PH14] Porter, M.; Heppelmann, J.: Smarte Produkte: Wie smarte Produkte den Wettbewerb verändern. Harvard Business Manager 12, S. 1-28, 2014.
- [Sc16] Schuh, G.; Bauernhansl, T.; Reinhart, G.; Krüger, J.: WGP-Standpunkt Industrie 4.0. Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik WGP e.V., 2016.
- [UM12] Unterstein, M.; Matthiessen, G.: Relationale Datenbanken und SQL in Theorie und Praxis. 5. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2012.

Die vier industriellen Revolutionen im Kontext der Landwirtschaft

Sirkka Schukat¹, Ludwig Theuvsen², Esben Schukat³ und Heinke Heise⁴

Abstract: Das Schlagwort Industrie 4.0 hat in den Medien breiten Einzug gehalten. Vergleichsweise selten ist dagegen bislang thematisiert worden, wie die Landwirtschaft durch den technischen Fortschritt verändert worden ist und wie der Sektor von den verschiedenen industriellen Revolutionen profitierte. Der vorliegende Beitrag zeigt auf, wie sich die Wertschöpfung im primären Sektor historisch gesehen entwickelt hat. Dafür werden die vorangegangenen industriellen Revolutionen des sekundären Sektors mit ihren spezifischen Merkmalen beschrieben und in den Kontext der Landwirtschaft gesetzt. Es wird ein Überblick über die vier industriellen Revolutionen gegeben und es werden deren zentrale Merkmale erläutert.

Keywords: industrielle Revolution, Landwirtschaft

1 Einleitung

Industrielle Revolutionen lassen sich durch prägende und langfristige Umgestaltungen der wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse sowie der Arbeitsbedingungen beschreiben. Grundlegend sind auf neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen basierende rapide Entwicklungen von Technologien verbunden mit einer stark steigenden Produktivität [Ha11]. Den technologischen Umbrüchen kommt aus betrieblicher, aber auch aus makroökonomischer Perspektive eine hohe Bedeutung zu. So gingen mit den Produktivitätssteigerungen vielfach sektorale Veränderungen einher. Beispielsweise führten das zwischenzeitliche Wachstum der Industrie, Produktivitätsfortschritte und höhere Verdienstmöglichkeiten in den Städten zu einem Rückgang der Beschäftigung im landwirtschaftlichen Bereich [Zi05]. Welche Auswirkungen die industriellen Revolutionen in der Vergangenheit und gegenwärtig auf die Landwirtschaft haben, ist Gegenstand dieses Beitrags .

^{1,2,4} Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Universität Göttingen, Platz der Göttingen Sieben 5, 37073 Göttingen, sirkka.schukat@uni-goettingen.de, theuvsen@uni-goettingen.de, heinke.heise@agr.uni-goettingen.de

³ Production Engineering of E-Mobility Components, RWTH Aachen, Campus Boulevard 30, 52074 Aachen, e.schukat@pem.rwth-aachen.de

2 Definitionen und Begriffsabgrenzungen

In der Volkswirtschaft ist eine Unterscheidung in drei Wirtschaftsbereiche üblich, den primären, den sekundären und den tertiären Sektor [HSU02]. Abbildung1 illustriert die drei Wirtschaftsbereiche mit einigen sie kennzeichnenden Beispielen.

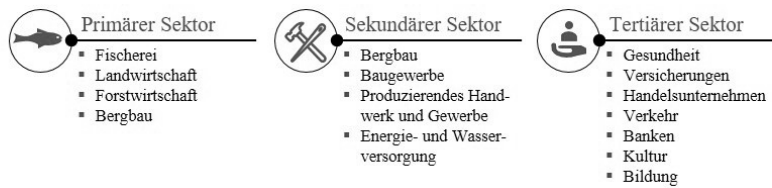


Abbildung1: Sektorale Gliederung der Volkswirtschaft [HSU02]

Für diesen Beitrag sind der primäre und sekundäre Sektor von vorrangiger Bedeutung. Der primäre Sektor beinhaltet die Urproduktion mit dem vorrangigen Ziel der Gewinnung von Rohstoffen. Kennzeichnende Beispiele sind die Fischerei, der Bergbau sowie die Land- und Forstwirtschaft. Der Fokus des sekundären Sektors liegt auf der Güterproduktion auf Basis der im primären Sektor gewonnenen Rohstoffe. Exemplarisch seien der Bergbau, das Baugewerbe, das produzierende Handwerk und Gewerbe aufzuführen. Ebenso werden Energie- und Wasserversorgung dem sekundären Sektor zugeordnet. Produktion bezeichnet die Durchführung von Transformationen im Sinne der qualitativen, quantitativen, räumlichen oder zeitlichen Veränderung von Objekten [Dy06]. Insgesamt wird die Produktion einerseits als Faktorkombinationsprozess beschrieben, andererseits als Abschnitt der betrieblichen Erstellung von Gütern [Co07]. Kernaufgabe der industriellen Produktion ist die Generierung von Wertschöpfung, also des Wertzuwachses einer Leistung infolge von Transformationen innerhalb einer wirtschaftlichen Einheit [We80]. Den tertiären Sektor kennzeichnen Dienstleistungen, wie sie beispielsweise durch Handelsunternehmen, soziale Einrichtungen, Finanzdienstleister und kulturelle Einrichtungen erbracht werden [Sc12] [HSU02].

3 Die vier industriellen Revolutionen

Ausgehend von dem skizzierten Verständnis des primären und sekundären Sektors kann nun betrachtet werden, welche Auswirkungen die jeweiligen industriellen Revolutionen auf die Landwirtschaft hatten. Abbildung2 stellt einen Überblick über die verschiedenen Revolutionen und ihre jeweiligen zentralen Errungenschaften dar, welche in den folgenden Abschnitten näher erläutert werden.

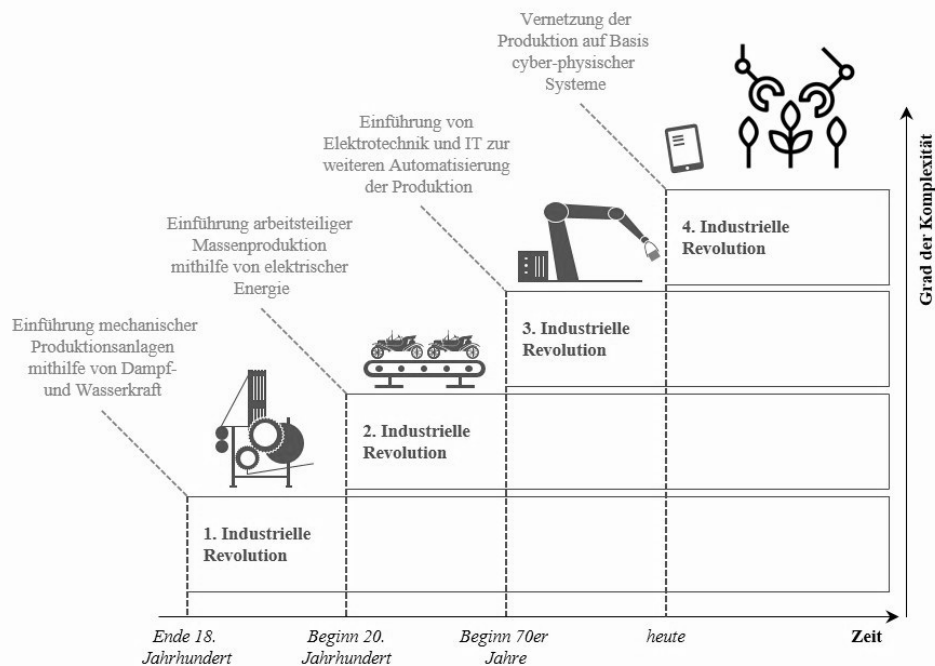


Abbildung2: Vier Phasen der Industrialisierung [KGH13]

3.1 Die erste industrielle Revolution

Die erste industrielle Revolution ist in das Ende des 18. Jahrhunderts einzuordnen. Sie führte zu einem dezentralisierten, teilmechanisierten und arbeitsteiligen Fabrikssystem, das sich zunächst in der Eisen- und Textilindustrie durchsetzte [He10]. Die Kernereigenschaften waren Arbeits- und Kraftmaschinen unter Ausnutzung von Wasser- und Dampfkraft [He09]. Diese neuen Energiequellen führten zu einer deutlichen Produktivitätssteigerung. Die Weiterentwicklung der Dampfmaschine durch James Watt im Jahr 1769 ermöglichte eine dezentrale Fertigung, indem Energie jetzt ortsunabhängig bereitgestellt werden konnte [MP06]. Die Leistungserstellung war zunehmend gewerblich geprägt, und Industriebetriebe entstanden [He10]. Ein Beispiel für Arbeitsmaschinen im Zuge der ersten industriellen Revolution sind mechanisierte Webstühle und Eisenbahnen. Landwirtschaftlich hatte die erste industrielle Revolution vor allem Auswirkungen auf Nutzgeräte. Durch die Fortschritte in der Eisenindustrie wurde auch der Werkzeugbau vorangetrieben, sodass beispielsweise im Jahr 1785 der erste gusseiserne Pflug patentiert und im Jahr 1861 der erste Dampfpflug erfunden wurde [Wa04]. Da mittels Eisenbahntransporten günstig Futter zugekauft werden konnte, leistete die Substitution menschlicher Arbeitskraft durch die von Pferden einen eklatanten Beitrag zur Produktivitätssteigerung in der Landwirtschaft [Os09].

3.2 Die zweite industrielle Revolution

Um das Jahr 1870 wird der Beginn der zweiten industriellen Revolution datiert. Eine stärkere Arbeitsteilung und Massenproduktion unter elektrischer Energie ermöglichten bis dahin ungeahnte Effizienzsteigerungen in der industriellen Produktion [Re17]. Frederic W. Taylor und Henry Ford gelten als bekannteste Vertreter der zweiten industriellen Revolution. Taylor reorganisierte die Betriebsführung auf der Grundlage systematischer Untersuchungen der Arbeitsprozesse. Während bis dato häufig ein einzelner Mitarbeiter für die vollständige Erstellung eines Produktes verantwortlich war, forderte Taylor eine strikte Arbeitsteilung und damit eine Standardisierung der Aktivitäten [Lu98]. Der gesamte Produktionsprozess wurde in einzelne Teilaufgaben unterteilt, Kopf- und Handarbeit zunehmend getrennt sowie alle planenden und überwachenden Aktivitäten organisatorisch und räumlich von anderen Aktivitäten, wie zum Beispiel der Fertigung, abgegrenzt [PRW01]. Henry Ford nutzte die Erkenntnisse Taylors, insbesondere die Vorteile der Arbeitsteilung, und ergänzte sie systematisch um den Einsatz des Fließbands bei der Fertigung des Ford-Modells T. Das Ford-Modell T ist das erste Beispiel industrieller Massenfertigung, wodurch Ford einen signifikanten Kostenvorsprung vor Wettbewerbern erzielen konnte [FA08]. Auch die Landwirtschaft profitierte ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts von der zunehmenden Technisierung und neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen. So konnte bereits ab Ende des 19. Jahrhunderts durch die Fortschritte in der Agrochemie Mineraldünger günstig angeboten werden. Außerdem wurden landwirtschaftliche Geräte weiterentwickelt, sodass beispielsweise Langdrescher erfunden wurden, die den Dreschflügel ersetzten. Auch erste Dampftraktoren als motorisierter Ersatz für Pferde wurden entwickelt. Im Jahr 1917 wurde der Fordson als erster Traktor mit Vergasermotor von Henry Ford erfunden, der als Vorreiter für viele nachfolgende Konstruktionen fungierte.

3.3 Die dritte industrielle Revolution

Die dritte industrielle Revolution wird der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zugeordnet und führte zu erheblichen Fortschritten durch die Nutzung von Elektronik sowie darauf basierenden Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), welche wiederum zu einer automatisierungsgetriebenen Rationalisierung führten. Als IKT gelten hierbei diejenigen Technologien, welche das Speichern, Verarbeiten und Kommunizieren von Daten ermöglichen. Unter Automatisierung wird die Übertragung von menschlicher Arbeit auf Automaten bezeichnet. Der technologische Fortschritt ermöglichte in der industriellen Produktion zunächst die automatische Fertigung von Werkstücken. So konnte mit der Markteinführung von automatisierten Maschinen die Genauigkeit und Zuverlässigkeit von zuvor händisch durchgeführten Maschinentätigkeiten erheblich verbessert werden [Re17]. Weiterhin ermöglichte der Einsatz von IKT die automatische Informationsverarbeitung in der industriellen Produktion. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts gab es mit Blick auf die Landwirtschaft verschiedene Entwicklungen. Im Ackerbau erfuhr die 1950 bis 1970 eine

Vollmotorisierung durch von Brennstoffmotoren angetriebene Schlepper, während immer mehr Arbeitsmaschinen eingeführt wurden, die Hand- oder Pferdearbeit ersetzten. Außenwirtschaftlich war der Mährescher die bedeutendste Arbeitsmaschine, die Verbreitung fand, innenwirtschaftlich hingegen die Melkmaschine [Se06]. Nützlich für rindviehhaltende Betriebe war ebenfalls die Verbreitung des Ladewagens. Zur Jahrhundertwende fanden hochmodernisierte Schlepper mit Bordcomputern Einsatz, die den Einstieg in die rechnergestützte Pflanzenproduktion ermöglichten. In der Tierhaltung wurde der erste Melkroboter erfunden und die Stallhaltung bspw. mittels automatischer Futtersysteme oder sensorisch betriebener Wegschleusen sukzessiv automatisiert.

3.4 Die vierte industrielle Revolution

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts setzte die vierte industrielle Revolution ein, die auf rapide leistungsfähiger werdenden digitalen, vernetzten Systemen fußt. Im Vergleich zur dritten industriellen Revolution werden IKT nicht mehr nur lokal, sondern, mit dem Ziel eines auf aktuellen Daten basierenden Informationsaustauschs, entlang der gesamten Wertschöpfungskette eingesetzt. Damit bezeichnet Industrie 4.0 die Möglichkeit, Menschen, Dienste und Ressourcen in Echtzeit zu vernetzen [Sc16]. Die gesamte industrielle Produktion inklusive der Produkte wird von IKT vollständig durchdrungen [Re17]. Die gegenwärtige Landwirtschaft steht am Beginn des Einsatzes autonomer Agrarfahrzeuge sowie der Implementierung eines voll automatisierten und ganzheitlich vernetzten Betriebsablaufs. Dem Landwirt selbst kommt damit immer mehr eine kontrollierende, überwachende Tätigkeit zu. Arbeitsabläufe können mit Hilfe von Apps bspw. über das Smartphone gesteuert werden. Beispiele für aktuell vor einer breiten Anwendung stehende Technologien im Ackerbau sind Feldroboter, die selbstständig Entscheidungen zu Unkrautentfernung oder Saatgutplatzierung treffen, sowie Drohnen, die autonom bedarfsgerecht Pflanzenschutzmittel ausbringen. In der Tierhaltung werden Sensoren eingesetzt, um beispielsweise Körper- und Umgebungstemperatur, Bewegungen und weitere Vitaldaten zu erfassen und zu verarbeiten, um den Landwirt über frühe Änderungen des Gesundheitszustand zu informieren.

4 Fazit

Aus dem vorliegenden Beitrag wird deutlich, dass die industriellen Entwicklungen in der Vergangenheit und gegenwärtig einen starken Einfluss auf die technischen Errungenschaften des landwirtschaftlichen Sektors haben. Für eine fortschreitend effizientere Produktion landwirtschaftlicher Güter ist es somit für Landwirte unabdingbar, Entwicklungen der Industrie sowie Technologie zu verfolgen. Eine Frage an die agrarwissenschaftliche Forschung könnte lauten, wie die Informationsdarbietung gegenüber dem Landwirt zielführend erfolgen kann.

Literaturverzeichnis

- [Co07] Corsten, H.: Produktionswirtschaft. Einführung in das industrielle Produktionsmanagement. Oldenbourg Verlag, München, 2007.
- [Dy06] Dyckhoff, H.: Produktionstheorie. Grundzüge industrieller Produktionswirtschaft. 5. Auflage, Berlin, 2006.
- [FA08] Fuchs, M.; Apfelthaler, G.: Management internationaler Geschäftstätigkeit. 2. Auflage, Springer Verlag, Vienna, 2008.
- [Ha11] Hahn, H. W.: Die industrielle Revolution in Deutschland. 3. Auflage, Oldenbourg Verlag, München, 2011.
- [He09] Headrick, D. R. Technology. A world history. Oxford University Press, Oxford, 2009.
- [He10] Helbing, K. W.: Handbuch Fabrikprojektierung. Springer Verlag, Berlin, 2010.
- [HSU02] Hardes, H.-D.; Schmitz, F.; Uhly, A.: Grundzüge der Volkswirtschaftslehre. 8. Auflage, De Gruyter Oldenbourg, München, 2002.
- [KGH13] Kagermann, H.; Wolfgang, W.; Helbig, J.: Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, 2013.
- [Lu98] Luczak, H.: Arbeitswissenschaft. 2. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg, 1998.
- [MP06] Meyer, T.; Popplow, M.: Technik, Arbeit und Umwelt in der Geschichte. Waxmann Verlag, Münster, 2006.
- [Os09] Osterhammel J.: Die Verwandlung der Welt. Eine Geschichte es 19. Jahrhunderts. 4. Auflage, C. H. Beck, München, 2009.
- [PRW01] Picot, A.; Reichwald, R.; Wigand, R. T.: Die grenzenlose Unternehmung. Information, Organisation und Management. 4. Auflage, Springer Verlag, Wiesbaden, 2001.
- [Re17] Reinhart, G.: Handbuch Industrie 4.0. Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. Carl Hanser Verlag, München, 2017.
- [Sc12] Schäfers, B.: Wandel in Deutschland. Sozialstruktur und sozialer Wandel in Deutschland. 9. Auflage, UTB GmbH, Konstanz, 2012.
- [Sc16] Schuh, G.; Bauernhansl, T.; Reinhart, G.; Krüger, J.: WGP-Standpunkt Industrie 4.0. Darmstadt, 2016.
- [Se06] Seidl, A.: Deutsche Agrargeschichte. DLG Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, 2006.
- [Wa04] Walter, R.: Gott Baumwolle: Die industrielle Revolution. In Zeitverlag Gerd Bucerius (Hrsg.): Die Zeit Welt- und Kulturgeschichte in 20 Bänden, Band 10, 2004, S. 207-219.
- [We80] Weber, H. K.: Wertschöpfungsrechnung. Poeschel, Stuttgart, 1980.
- [Zi05] Ziegler, D.: Die industrielle Revolution. WBG, Darmstadt, 2005.

Ökonomische Effekte von Informationsverlusten im Hinblick auf die Düngung von Phosphor

Sören Schulte-Ostermann¹ und Peter Wagner¹

Abstract: Das in der Praxis übliche Beprobungsraster von 3 bis 5 ha kann eine Homogenität identifizieren, die die wahren kleinräumigen Nährstoffgehalte im Boden nicht präzise abbildet. Auf Basis großräumiger Flächeninformation resultiert bei der Grundnährstoffdüngung eine Über- oder Unterversorgung von Teilflächen. Ebenso variieren die Kosten der Düngerapplikation auf Basis einer veränderten Beprobungsstruktur. Die unnötig generierten Kosten, begründet durch Informationsverluste oder das fehlende Ausschöpfen des Ertragspotenzials bei suboptimaler Nährstoffversorgung, können somit vermieden werden. Auf Grundlage der langfristig gewonnenen Erprobungsergebnisse einer Praxisfläche in Mitteldeutschland werden die unterschiedlichen Düngekosten bei variierenden Beprobungsrastern (1/8 – 3 – 5 ha) gegenübergestellt.

Keywords: Economic Efficiency, Phosphorus, Soil Analysis, Fertilizer Application

1 Einleitung

Eine kleinräumige Bodenbeprobung kann eine teilflächenspezifische Heterogenität der P-Gehalte identifizieren. Die Notwendigkeit der Berücksichtigung dieser Heterogenität bei der bedarfsgerechten Pflanzendüngung liegt auf der Hand. Nicht zuletzt fordert die Debatte um Umwelteinflüsse von Nährstoffüberschüssen aus der Pflanzenproduktion neue Lösungsansätze, die den optimalen Einsatz von Ressourcen erlauben. Das zur Düngerbedarfsermittlung in der Praxis verbreitete Bodenprobenentnahmeraster von 3 bis 5 Hektar kann fälschlicherweise eine Standorthomogenität abbilden, die aufgrund von Informationsverlusten innerhalb der Fläche mit den kleinräumigen wahren Nährstoffgehalten nicht übereinstimmt. Daher gilt es Lösungskonzepte zu entwickeln, die Nährstoffüberschüsse verringern und die Erträge durch eine ausbalancierte Grundnährstoffversorgung langfristig maximieren. Mit Hilfe detaillierter Flächeninformationen wird eine optimale Düngestrategie etabliert, die langfristig auch auf heterogenen Standorten die idealen Nährstoffgehalte im Boden durch eine gezielte Düngung realisiert. Falsch gewählte Beprobungsraster können zu einer großflächigen Fehlbehandlung der Ackerfläche führen, da der Mittelwert aus der Mischprobe die Abweichungen einzelner Teilflächen nicht abbildet. Mit Blick auf diese Herausforderung weisen kleinräumige Flächeninformationen unterschiedliche Bedarfszonen aus und demonstrieren, dass die in der Praxis angewendeten Rastergrößen nicht ausreichen.

¹ MLU Halle-Wittenberg, Professur für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Karl-Freiherr-von-Fritsch-Str. 4, 06120 Halle; soeren.schulte-ostermann@landw.uni-halle.de

2 Material und Methodik

Im Jahr 2006 wurde ein Grundnährstoffversuch innerhalb eines Praxisbetriebs in Mitteldeutschland (Sachsen-Anhalt) auf einem 65-Hektar-Schlag angelegt. Die Analyse basiert auf langfristig gewonnenen Messdaten im Rahmen einer „On-Farm-Research“-Versuchsanstellung. Ziel ist, die Effekte einer variablen Düngung bei Grundnährstoffen auf Basis kleinräumiger Flächeninformationen zu demonstrieren. In diesem Beitrag findet ein Raster von 1/8 ha (Grundlage ist die Arbeitsbreite des Praxisbetriebes 36 x 36 m), 3 ha und 5 ha Anwendung. Jede Rasterzelle wird in einem Fünfjahresintervall intensiv beprobt. Die verwendeten Bodenanalyseergebnisse stammen aus dem Jahr 2017. Die detektierten Phosphorgehalte werden entsprechend der VDLUFA-Richtlinie für Trockengebiete (VD15) den allgemein gültigen Klassen zugeordnet. Die Berechnung der Düngekosten erfolgt für eine 4-gliedrige Fruchtfolge. Die notwendigen Zu- bzw. Abschläge werden prozentual bemessen und auf Grundlage der Pflanzenentzüge (durchschnittliche historische Erträge) und der vorgefundenen Bodengehalte berechnet.

Annahmen: A1: Randflächen werden nicht berücksichtigt; A2: Phosphor 1,65 €/kg (AM16); A3: viergliedrige Fruchtfolge Winterraps (37 dt/ha) – Winterweizen (90 dt/ha) – Stoppelweizen (80 dt/ha) – Wintergerste (85 dt/ha) Ertragsniveau für Entzüge; A4: Kosten der Arbeitserledigung werden nicht berücksichtigt; A5: keine Diskontierung

3 Ergebnisse

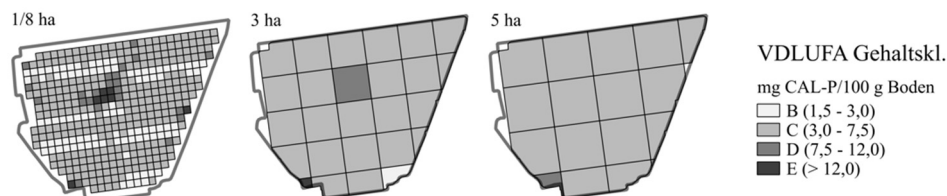


Abb. 1: Identifikation von Phosphorgehalten bei unterschiedlichen Beprobungsrastern

Die obere Abbildung demonstriert die nach der VDLUFA klassifizierten Bodengehalte von Phosphor in einem Beprobungsraster von 1/8 ha, 3 ha und 5 ha. Das kleinräumige Raster weist unterversorgte und überversorgte Teilflächen aus. Bereits bei einer Erhöhung der Rastergröße auf 3 ha wird ausschließlich eine Teilfläche mit einem erhöhten Phosphorgehalt der Gehaltsklasse (GK) „D“ aufgezeigt. Die restliche Fläche wird dementsprechend durch GK: C charakterisiert. Ab einem Raster von 5 ha können annähernd keine Divergenzen bei Phosphorgehalten ausgewiesen werden.

Die prozentuale Verteilung der Gehaltsklassen innerhalb der Versuchsfläche ergibt, dass entsprechend der kleinräumigen Bodenanalyse bis zu 23 % des Schlages mit Phosphor

unterversorgt sind. Durch die großflächigeren Analysestrukturen werden bei 3 ha > 93 % der Gesamtfläche als GK: C gekennzeichnet. Bei einer Erhöhung des Beprobungsrasters auf 5 ha steigt dieser Anteil auf annähernd 100 %.

Tabelle 1 erklärt die Auswirkungen der Rastergröße auf die Düngemenge und die Düngekosten der gesamten Versuchsfläche (53 ha ohne Randflächen). Die untere Zeile enthält die durchschnittliche Düngemenge des Phosphors und die daraus resultierenden Düngekosten gewichtet nach der Flächenverteilung in Abhängigkeit der Versorgungsstufe. Bezugnehmend auf die Analysestruktur von 1/8 ha werden 12,44 ha als untersorgt (GK: B) identifiziert, wodurch der kalkulierte Gesamtdüngerbedarf von 3.648,35 € ausgewiesen wird, vgl. 3 ha von 140,81 € und 5 ha Raster von 0 kg. Mit Erhöhung der Rastergröße vollzieht sich eine Verschiebung zugunsten der GK: C. Die Fläche in dieser GK erhöht sich von 37,20 ha (1/8 ha), auf 49,95 ha (3 ha) und bei der größten Rastergröße auf eine Gesamtsumme von 53,10 ha (5 ha). Auf dieser Basis erfolgt ausschließlich eine Entzugsdüngung und damit wird in einigen Teilflächen zu wenig, in anderen hingegen zu viel Phosphor zugeführt. Die kleinräumige Erfassung der Nährstoffgehalte im Boden deckt an diesem Standort einen erhöhten Bedarf an Phosphor auf, um die ideale GK: C zu erreichen. Dies äußert sich in den höchsten durchschnittlichen Düngekosten bei dem 1/8 ha Raster von 209,73 €/ha für den gesamten Zeitraum einer viergliedrigen Fruchtfolge (52,43 €/ha/Jahr). Im Vergleich wird bei steigender Beprobungsrastergröße deutlich (geringere Informationsdichte), dass sich die durchschnittlich auf die Fläche ausgebrachte Phosphordüngermenge bei dem 3 ha Beprobungsraster auf 115,51 kg/ha reduziert (vgl. 1/8 ha – 127,11 kg/ha).

P	1/8 ha			3 ha			5 ha		
	Fläche	Düngemenge	Kosten	Fläche	Düngemenge	Kosten	Fläche	Düngemenge	Kosten
Klasse	ha	kg P	€	ha	kg P	€	ha	kg P	€
A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	12,44	2211,12	3648,35	0,48	85,34	140,81	0,00	0,00	0,00
C	37,20	4406,89	7271,36	49,95	5918,42	9765,40	53,10	6291,36	10380,75
D	2,85	168,91	278,69	3,00	177,73	293,25	0,41	24,47	40,37
E	0,91	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Ø/ha	127,11	209,73		115,51	190,60		118,02	194,74

Tab. 1: Veränderung der Düngemengen und Düngekosten in Abhängigkeit der Informationsdichte

4 Diskussion

Der Versuchsstandort ist durch eine partiell heterogene Phosphorverfügbarkeit charakterisiert, die erst durch ein kleinräumiges Beprobungsraster aufgedeckt werden konnte. Ein großflächiges Raster hätte diesen Missstand nicht identifiziert, sondern die Disparitäten bei konstanter Düngung innerhalb der Fläche verschärft. Darüber hinaus äußert sich eine verminderte Phosphorverfügbarkeit in geringeren Erträgen. Erst durch eine standortoptimierte Nährstoffapplikation kann das Ertragspotenzial vollständig

ausgeschöpft werden. In einem vorherigen Beitrag wurden Ertragseffekte von durchschnittlich 13,41 €/ha bei Wintergerste, 17,92 €/ha bei Winterraps, und 18,04 €/ha bei Winterweizen durch Erreichen der idealen Phosphorversorgung (Abweichung von GK: C) für die identische Versuchsfläche dokumentiert (SOW17). Falls die bedarfsorientierte Düngung auf andere Parameter erweitert wird, wie pH oder K, können darüber hinaus weitere Mehrerträge generiert werden. Grundlage dafür ist jedoch eine hohe Informationsdichte, die erst eine optimale Applikation des Düngers ermöglicht (SOW17). Bei einem zu groß gewählten Beprobungsraster wird auf der Versuchsfläche entsprechend dem Entzug des Erntegutes gedüngt, sofern die GK: C dominiert. Jedoch bedeuten detailreiche Flächeninformationen nicht zwangsläufig Kosteneinsparungen. In Abhängigkeit des Ausgangsniveaus im Boden ist eine kurzfristig gesteigerte Düngemenge erforderlich, um das ideale Nährstoffniveau zu realisieren. Im Gegensatz kann eine hohe Beprobungsdichte auf einer übertersorgten Fläche eine Vielzahl an Zonen detektieren, die eine Reduzierung der applizierten Phosphormengen rechtfertigt. Dennoch resultieren die in der Praxis üblichen Beprobungsraster in eine suboptimale P-Verteilung. Es käme bei der Düngergabe zur Über- oder Unterversorgung der jeweiligen Teilbereiche. Außerdem sind die Kosten der kleinräumigen Bodenanalyse durch steigende Erträge und einen umweltschonenden Einsatz des Düngers zu rechtfertigen. Bezugnehmend auf die Historie des Versuches ist bei der Versuchsanstellung im Jahr 2006 eine erhebliche Heterogenität bei den Phosphorgehalten dokumentiert worden (vgl. MW17). Durch eine teilflächenspezifische Applikation konnten diese Unterschiede über die Jahre bereits erheblich reduziert werden. Die bei der Bodenuntersuchung 2017 erkannten unterversorgten Zonen befinden sich deshalb in der Kontrollvariante (keine Düngung), und viele Teilflächen haben über die Jahre durch eine bedarfsorientierte Düngung die GK: C erreicht. Dennoch können erst durch eine hohe Informationsdichte Nährstoffe optimal zugeführt werden und schlussendlich wird das kulturabhängige Ertragspotenzial maximiert. Zurzeit ist eine Analyse der Makronährstoffe im Labor teuer, wodurch eine Reduktion des Beprobungsrasters zunächst nicht gerechtfertigt erscheint. Jedoch könnte eine verlässliche Sensorik (Stichwort: BonaRes – I4S) diese Detailschärfe bei Nährstoffen in Zukunft kostengünstig und kleinräumig bereitstellen.

Die Autoren danken dem BMBF und dem PTJ für die Finanzierung des Projektes.

Literaturverzeichnis

- [AM17] AMI: Düngemitteln nach Jahren; Einkaufspreise der Erzeuger ab 25 t frei Hof – Triplesuperphosphat; lose Ware. AMI 2016.
- [MW17] Marz, M.; Wagner, P.: Precision Farming – Direkte und indirekte Erhebung von Makronährstoffen. Digitale Transformation – Wege einer zukünftigen Landwirtschaft LNI 2017. S. 153-156
- [SOW17] Schulte-Ostermann, S.; Wagner, P.: Ökonomische Effekte einer bedarfsgerechten Grunddüngung. Digitale Marktplätze und Plattformen. LNI 2018. S 227-230
- [VD15] VDLUFA: Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung – Anpassung der Richtwerte für die Gehaltsklasse ist geboten und notwendig. VDLUFA, Speyer, 2015.

Zukunftsperspektiven von Online-Shops in der landwirtschaftlichen Vorleistungsindustrie – eine Analyse aus der Perspektive von Landwirten

Dorothee Schulze Schwering¹ und Achim Spiller¹

Abstract: Zunehmend digitalisieren Landwirte ihre Betriebsabläufe, doch beim Einkauf landwirtschaftlicher Betriebsmittel vertrauen sie meist auf einen lokalen stationären Anbieter. Dabei wird dem Ein- und Verkauf über das Internet seit etwa 20 Jahren ein rasantes Wachstum vorhergesagt. Bisher liegen allerdings kaum Studien vor, die das Potenzial von Online-Shops in der Agrarbranche aus Sicht der Landwirte untersuchen. Aus diesem Grunde prüft die vorliegende Studie, ob Landwirte eine Zukunft für Online-Shops in der Agrarbranche sehen, und untersucht gleichzeitig, welche Stellung der stationäre Handel beim Landwirt hat. Als Datengrundlage dient eine Befragung von 371 deutschen Landwirten. Landwirte gehen von einer zunehmenden Bedeutung von Online-Shops innerhalb der Agrarbranche aus, wodurch der stationäre Handel zwar unter Druck gerät, aber nicht durch Online-Shops verdrängt werden wird.

Keywords: Online-Shop, Landwirtschaft, Betriebsmittel, Regressionsanalyse, Digitalisierung

1 Einleitung

Die digitale Ausstattung der landwirtschaftlichen Vorleistungsunternehmen und ihrer Kunden steigt stetig an. 2016 nutzten bereits 75 % der deutschen Landwirte täglich das Internet für betriebliche Zwecke [Ga16]. Gleichzeitig erweitern Hersteller, Händler und Zulieferer von Betriebsmitteln ihre klassischen Vertriebswege um den Kanal Online-Shop. Frühere Studien aus den USA [BE07], [HDA04] und der EU [St14] bestätigen, dass der Onlinehandel für Unternehmen der landwirtschaftlichen Vorleistungsindustrie einen vielversprechenden Absatzweg darstellt. Zudem zeigen Landwirte insgesamt eine hohe Zufriedenheit beim digitalen Handel und integrieren neben Online-Shops auch digitale Marktplätze in ihren Einkaufsprozess [Cl05]. Heute gilt E-Commerce von Unternehmen zu Unternehmen (B2B-E-Commerce) als eines der Wachstumssegmente der deutschen Internetwirtschaft. Dieses Wachstum ist zum einen darauf zurückzuführen, dass auch traditionelle Unternehmen verstärkt den Direktvertrieb via Internet nutzen, und zum anderen auf den allgemein wachsenden Trend zum E-Procurement sowie zum Internet-basierten Absatz [Li17]. Der landwirtschaftliche Betriebsmittelmarkt weist allerdings die Besonderheit auf, dass der Handel vor Ort bis heute eine elementare Stellung hat. Hohes Vertrauen zum lokalen Handel und fehlende

¹ Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, dorothee.schulze-schwering@agr.uni-goettingen.de, a.spiller@agr.uni-goettingen.de

persönliche Beratung beim Online-Handel sind für Landwirte bisher die Hauptgründe, sich gegen den Internetkauf zu entscheiden [Ga16]. Doch im Zuge des allgemein prognostizierten Wachstums des B2B-E-Commerce und der digitalen Bemühungen der Vorleistungsunternehmen stellt sich die Frage, ob sich die Stellung des stationären Handels zugunsten des Online-Handels verändern wird. Ziel dieser Studie ist es daher vor dem beschriebenen Hintergrund herauszufinden, welche Bedeutung Landwirte den Online-Shops in der Landwirtschaft beimessen und ob sie den traditionellen stationären Landhandel durch die Existenz von Online-Shops bedroht sehen. Diese Fragestellungen werden anhand einer empirischen Erhebung beleuchtet.

2 Material und Methoden

2.1 Datenerhebung und Auswertung

Im Mai 2017 wurde eine Online-Befragung unter Landwirten in Deutschland durchgeführt. Das Sampling erfolgte mittels Schneeballverfahren, indem der Link über persönliche Kontakte, per E-Mail und über soziale Netzwerke weitergeleitet wurde. Zielgruppe der Befragung waren Landwirte mit Online-Einkaufserfahrung im Betrieb. Zu Beginn der Umfrage wurde entsprechend eine Filterfrage gestellt, die 894 Landwirte beantworteten. 56 % (n = 501) von ihnen tätigten bereits einen betrieblichen Online-Kauf und verfügen somit über, wenn auch z. T. geringe, Online-Shop-Erfahrungen. Nach einer sorgfältigen Datenbereinigung verblieben für die weiteren Analysen 371 vollständige und valide Datensätze. Es wurden überwiegend 5-Punkt-Likert-Skalen (von 1 „stimme voll und ganz zu“ bis 5 „lehne voll und ganz ab“) eingesetzt, auf denen die Befragten ihre Einstellungen zur zukünftigen Bedeutung von Online-Shops, ihrer Beziehung zum Handel vor Ort sowie weiteren ausgewählten Statements abgeben konnten. Mittels einer Rating-Skala von sehr wichtig (1) bis unwichtig (5) wurde abgefragt, wie wichtig den Teilnehmern eine persönliche Beratung für die jeweiligen Betriebsmittelgruppen ist. Aus diesen Angaben wurde ein Index gebildet, welcher den Faktor „Wichtigkeit der persönlichen Beratung“ beschreibt. Die Datenanalyse erfolgte mit der Statistiksoftware SPSS 25 mittels uni-, bi- und multivariater Analysemethoden. Zunächst wurde die Vielzahl der Items anhand einer Faktorenanalyse (Hauptkomponentenanalyse) zu einem Faktor verdichtet [Bü14]. Im Anschluss wurde mit einer linearen Regression ein Modell, das die Einflussfaktoren auf die Einschätzung der Zukunftsperspektiven von Online-Shops abbildet, geschätzt.

2.2 Stichprobenbeschreibung

Aufgrund der Filterfrage haben alle Probanden bereits erste Erfahrungen mit dem Online-Einkauf gesammelt. Während 48,1 % der Befragten angeben, Online-Shops häufig für Betriebsmittelbestellungen zu nutzen, geben 46,4 % an, nur selten und 5,5 %

gar nicht mehr über den Online-Shop zu bestellen. Informationen zu bestellten Mengen bzw. Preisvolumen liegen nicht vor. Im Vergleich zum bundesweiten Durchschnitt in der Landwirtschaft ist die vorliegende Stichprobe nicht repräsentativ, da die Teilnehmer mit einem Durchschnittsalter von 37 Jahren deutlich jünger sowie besser ausgebildet (28 % mit Hochschulabschluss) sind. Zudem bewirtschaften die Teilnehmer im Vergleich zum Bundesdurchschnitt größere Betriebe. Diese Verzerrung könnte der Filterfrage geschuldet sein, da durch sie nur Landwirte mit Online-Erfahrung und damit potenziell jüngere Teilnehmer für die weitere Befragung zugelassen wurden. Jedoch lässt sich argumentieren, dass gerade jüngere Landwirte die zukünftige Zielgruppe für Online-Shops darstellen, womit ihre Einschätzung der Zukunftsperspektiven von besonderer Relevanz ist. Die Begrenzung der Stichprobe auf Landwirte mit online-Erfahrung ist daher bei der folgenden Ergebnisbeschreibung zu berücksichtigen.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass Landwirte mit dem derzeitigen Online-Angebot für landwirtschaftliche Betriebsmittel nur mäßig zufrieden sind. So sind weniger als die Hälfte der Landwirte (44,2 %) derzeit zufrieden mit dem Angebot, während 42 % nur zum Teil zufrieden und 13,8 % der Befragten unzufrieden sind. Etwa 46 % haben bisher gute Erfahrungen mit dem Einkauf im Internet gemacht, rund 10 % hingegen nicht. Ein Mittelwertvergleich zeigt, dass Landwirte nicht vollkommen abgeneigt sind, zukünftig mehr Betriebsmittel online zu kaufen (MW = 2,83).

Statement ^a	Faktorladung	Mittelwert
Die Bedeutung von Online-Shops für die Landwirtschaft wird zunehmen.	0,813	2,03
Online-Shops werden den Handel vor Ort in Zukunft verdrängen.	0,649	3,30
Online-Shops haben keine Zukunft in der Agrarbranche.	-0,785	3,82

^a5er Likert-Skala (1 stimme voll und ganz zu bis 5 lehne voll und ganz ab); KMO = 0,608; Erklärte Gesamtvarianz = 56,642%; Cronbach's Alpha = 0,598

Tab. 1: Faktor Zukunftsperspektive von Online-Shops

Tabelle 1 zeigt das Ergebnis der Faktorenanalyse, in welcher die drei Statements zur Einschätzung der Zukunftsperspektiven von Online-Shops in der Agrarbranche zu einem Faktor verdichtet werden konnten. Insgesamt gehen die Landwirte davon aus, dass die Bedeutung von Online-Shops für die Landwirtschaft zunehmen wird und diese eine Zukunft in der Agrarbranche haben (vgl. Tab. 1). 15,4 % der befragten Landwirte gehen sogar davon aus, dass der Online-Shop den Handel vor Ort in Zukunft verdrängen wird, und 21,3 % stimmten dem Statement „Der Landwirt von morgen ist ein Online-Shopper“ zu. Rund 70 % (n = 256) waren sich eher uneinig darüber, ob der Landwirt zu einem

Online-Shopper wird. 41,4 % der befragten Landwirte lehnten zudem ab, dass der Handel vor Ort durch den Online-Shop verdrängt werden könnte. Mit einem Mittelwert von 1,51 stimmten Landwirte zu, in engem Kontakt zum Handel vor Ort zu stehen.

Empirische Befunde belegen, dass die Zufriedenheit und das Vertrauen des Kunden zum stationären Handel die Einstellung des Kunden zum Online-Einkauf beeinflusst [Li01], [Gal6]. Abgeleitet davon soll geprüft werden, ob die enge Beziehung eines Landwirts zum lokalen Handel und die Einschätzung der Zukunftsperspektiven von Online-Shops in der Agrarbranche in einem Zusammenhang stehen. Ebenso soll erklärt werden, welchen Einfluss die Online-Shop-Nutzungsrate auf die Einschätzung der Zukunftsperspektiven hat. Die beschriebenen Zusammenhänge werden mit Hilfe einer Regressionsanalyse untersucht. Diese empfiehlt sich, wenn wie hier von einer Ursache-Wirkungsbeziehung ausgegangen werden kann [RF13]. Die Ergebnisse zeigen, dass 30 % (R^2) der Varianz der eingeschätzten Zukunftsperspektiven durch die sieben Items erklärt werden können (vgl. Tab. 2).

Unabhängige Variablen	Beta-Wert (β)	T-Wert
Häufigkeit des Einkaufs vor Ort ^a	0,029	0,612
Häufigkeit des Online-Einkaufs ^a	0,205***	4,253
Wichtigkeit der persönlichen Beratung	-0,158***	-3,231
Ich kaufe immer beim gleichen Händler.	-0,152***	-3,242
Ich stehe in engem Kontakt zum Handel vor Ort.	0,031	0,652
Ich habe kein Vertrauen in Online-Shops.	-0,121**	-2,504
In Zukunft werde ich mehr Betriebsmittel online kaufen.	0,299***	5,880

Abh. Variable: Zukunftsperspektive; Korr. R^2 : 0,303; F: 22,966***; ^a: Likert-Skala von sehr häufig (1) bis nie (5); Die Korrelation ist auf dem Niveau von $p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***) signifikant

Tab. 2: Regressionsanalyse Zukunftsperspektive und Landwirt-Händler-Beziehung

Gemessen am Beta-Wert wird die Einschätzung der Zukunftsperspektiven am stärksten durch die zukünftige Nutzungsabsicht der Landwirte ($\beta = 0,299$ ***) und deren bisherige Nutzung von Online-Shops ($\beta = 0,205$ ***) beeinflusst. Landwirte, denen eine persönliche Beratung wichtig ist, bewerten die Zukunftsperspektiven von Online-Shops hingegen signifikant schlechter ($\beta = -0,158$ **). Sind Landwirte bei der Einschätzung der Zukunftsperspektiven zurückhaltend, weisen sie eine stärkere Händlerloyalität ($\beta = -0,152$ ***) und ein geringes Vertrauen gegenüber Online-Shops ($\beta = -0,121$ **). Keinen signifikanten Einfluss hat hingegen die tatsächliche vor Ort-Einkaufsrate, das heißt die Häufigkeit, mit der Betriebsmittel im stationären Handel erworben werden ($\beta = 0,029$). Ebenfalls keinen Einfluss auf die Beurteilung der Zukunftsperspektiven hat

die Intensität des Kontakts zwischen Landwirt und Handel ($\beta = 0,031$). Mittels weiterer Regressions- und Korrelationsanalysen wurde zudem geprüft, ob soziodemografische und betriebsbezogene Faktoren (Alter, Bildungsniveau, Betriebsform- und -größe) die Beurteilung beeinflussen. Hier konnte interessanterweise kein signifikanter Zusammenhang identifiziert werden.

4 Diskussion und Schlussfolgerung

Diese Studie liefert erste Erkenntnisse zu den Zukunftsperspektiven von Online-Shops und der Bedeutung des stationären Handels in der Landwirtschaft. Die Ergebnisse helfen, die Potenziale landwirtschaftlicher Online-Shops nicht nur von den allgemeinen Trends innerhalb des B2B-E-Commerce-Segments abzuleiten, sondern auch von den Einschätzungen ihrer tatsächlichen Nutzer, den Landwirten.

Generell stehen Landwirte Online-Shops bereits positiv gegenüber. Viele von ihnen haben gute Erfahrungen mit dem Online-Einkauf von Betriebsmitteln gemacht. Allerdings kann das bisherige Online-Angebot die Landwirte nur bedingt zufriedenstellen. Insgesamt wird den Online-Shops in der Landwirtschaft seitens der Landwirte eine wachsende Bedeutung beigemessen. So gehen sie davon aus, dass Online-Shops in der Agrarbranche zukünftig eine zunehmende Rolle spielen werden und durchaus Zukunftspotenziale besitzen. Dem Bedeutungswachstum von Online-Shops werden jedoch deutliche Grenzen gesetzt. Die meisten Landwirte gehen nicht davon aus, dass Online-Shops den stationären Handel in Zukunft verdrängen können. Das bedeutet, dass Landwirte den traditionellen stationären Landhandel durch die Existenz von Online-Shops nicht konkret bedroht sehen. Zu bedenken ist jedoch, dass immerhin 15,4 % der Befragten eine Verdrängung des stationären Handels durch den wachsenden Online-Markt vermuten. Interessant ist zudem, dass 21,3 % der Teilnehmer prognostizieren, dass Landwirte in Zukunft zu aktiven Online-Shoppern werden. Auch die Unsicherheit hinsichtlich dieser Aussage von rund 70 % der Befragten (Antwort teils/teils) belegt, dass ein Bedeutungszuwachs seitens der Landwirte erwartet wird. Daraus lässt sich ableiten, dass die stationären physischen Märkte durchaus mit dem Internet (E-Commerce) um den Status des von Landwirten bevorzugten Einkaufskanals konkurrieren, wenn auch auf einem noch sehr geringen Level. Die Ergebnisse zeigen, dass die Bewertung der Zukunftsperspektiven stark davon abhängig ist, wie intensiv Landwirte bereits für den Betrieb online einkaufen oder dies in Zukunft planen. Ebenfalls entscheidend ist aber, wie ausgeprägt die Loyalität des Landwirts zum lokalen Handel und wie stark dessen Nachfrage nach persönlicher Beratung ist. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Chancen für Online-Shops bzw. E-Commerce in der landwirtschaftlichen Vorleistungsindustrie umso besser sind, je schwächer die Bindung zwischen diesen beiden Akteuren ist und je größer das Vertrauen in Online-Shops ist. Aktuell ist die Beziehung zwischen Landwirt und seinen Betriebsmittelzulieferern noch sehr stark. Gründe für die starke Bindung zum Landhandel sind u. a. Standortvorteile des Landhandels und die damit verbundene Möglichkeit der schnellen Beschaffung sowie

das Vorhandensein von Ansprechpartnern [GT15]. Jedoch zeigt diese Studie, dass der enge Kontakt des Landwirts zum Handel vor Ort die Beurteilung der Zukunftsperspektiven nicht, wie anzunehmen wäre, negativ beeinflusst, welches auf einen Bedeutungsverlust der Landwirt-Händler-Beziehung hinweisen könnte. Andere Studien weisen bereits auf einen Rückgang der Intensität traditioneller und meist emotionaler Beziehungen zwischen Landwirt und Agrarhandel hin, u. a. begründet durch die zunehmende Preisfokussierung der Landwirte [GT15].

Abschließend lässt sich festhalten, dass der E-Commerce mit einem Rückgang der Intensität traditioneller Landwirt-Händler-Beziehungen eine stärkere Rolle im Einkaufsprozess der Landwirte einnehmen wird. Ein gezieltes Multi-Channel Management, welches die landwirtschaftlichen Kunden sowohl offline als auch online bedienen kann, wird daher zukünftig umso wichtiger.

Literaturverzeichnis

- [BE07] Batte, M. T. und Ernst, S.: Net Gains from 'Net Purchases? Farmers' Preferences for Online and Local Input Purchases. *Agricultural and Resource Economics Review*, 36(1), S. 84-94, 2007.
- [Bü14] Bühl, A.: SPSS 22 Einführung in die moderne Datenanalyse. Hallbergmoos. Pearson Verlag, 2014.
- [Cl05] Clasen, M.: Erfolgsfaktoren digitaler Marktplätze in der Agrar- und Ernährungsindustrie. Kiel: Deutscher Universitäts-Verlag, 2005.
- [Ga16] Gartzke, S.: "New Media Tracker": Our International Study. Kleffmann Group: Agri experts around the world, 4, S. 18-21, 2016.
- [GT15] Gollisch, S. und Theuvsen, L.: Risikomanagement im Landhandel: Charakteristika, Herausforderungen, Implikationen. *Berichte über Landwirtschaft-Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft*, 2015, 93(1).
- [HDA04] Henderson, J.; Dooley, F.; Akridge, J.: Internet and e-commerce adoption by agricultural input firms. 26(4), S. 505-520, 2004.
- [Li01] Lingenfelder, M.: Die Identifikation und Bearbeitung von Online-Käufersegmenten – Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. In Fritz, W. (Hrsg.), *Internet-Marketing* (2), S. 373-397. Stuttgart, Schäffer-Poeschel, 2001.
- [Li17] Little, A. D.: Wachstumstreiber B2B-E-Commerce. Unter: <https://handelsjournal.de/2017/01/25/markt/mirkohackmann/wachstumstreiber-b2b-e-commerce/> am 20.08.2018.
- [RF13] Rönz, B. und Förster, E.: *Regressions- und Korrelationsanalyse: Grundlagen-Methoden-Beispiele*. Springer-Verlag, 2013.
- [St14] Strzêbickia, D.: *The Development of Electronic Commerce in Agribusiness – The Polish Example*. Prag, 2nd Global conference on business, economics, management and Tourism, 2014.

Neue Informations- und Kommunikationstechnologien für regionale Lebensmittel am Point of Sale

Umsetzungsperspektiven für flexible, individuelle Verbraucherinformationssysteme (fiVIS)

Katrin Schütz¹ und Marcus Mergenthaler¹

Abstract: Ergebnisse einer gemischt-methodischen Untersuchung mit Personen aus der Verbraucherschaft und aus Regionalvermarktungsinitiativen zeigen, dass Verbraucherinnen und Verbraucher mit abnehmendem Direktkontakt zur Erzeugung prägnante Informationen zu regionalen Produkten benötigen. Dies ist verbunden mit einem Bedürfnis nach emotionalen, rational-kognitiv wenig beanspruchenden Einkaufserlebnissen. Informationen zur Regionalität am Point of Sale sollten also einfach und präzise zu erkennen, gleichzeitig jedoch emotional aufbereitet sein. Dabei ist der Informationsbedarf im Hinblick auf Art, Umfang, Tiefe und Darstellung orts-, zeit- und personenabhängig. Mit steigender Anonymität der Einkaufsstätte empfehlen sich damit flexible, individualisierte Verbraucherinformationssysteme (fiVIS), die das beschriebene komplexe Anforderungsprofil erfüllen sollten. In diesen neu zu entwickelnden Systemen könnten individualisierte Präferenzen hinterlegt und nutzerspezifisch Informationen abgerufen und dargestellt werden. Die Systeme könnten zielgerichteter eingesetzt werden als starre Labels, Kennzeichnungen und begrenzte Produktverpackungsoberflächen. Gleichzeitig würden sie eine datenbasiert fundiertere, jedoch emotionalisiertere Einkaufserfahrung ermöglichen.

Keywords: Regionale Lebensmittel, Informationsasymmetrien, Verbraucherinformationssysteme, Point of Sale, Blockchain, Smartphone-App, Digital Signage

1 Einleitung

Gemäß dem Ernährungsreport 2018 legen mehr als drei Viertel der Verbraucherinnen und Verbraucher in Deutschland Wert darauf, dass Lebensmittel aus der Region kommen [BM18]. Allerdings besteht eine Einstellungs-Verhaltens-Lücke zwischen dem Regional- und Umweltbewusstsein und dem tatsächlichen Einkaufsverhalten. Ein umweltfreundliches Verhalten ist nach der Low-Cost-Hypothese von der Höhe des zusätzlichen monetären oder zeitlichen Aufwands abhängig [Jo18]. Eine transparente und glaubwürdige Kommunikation auf der Erzeugungsseite senkt die Informationsbeschaffungskosten auf Verbraucherseite und ist auch vor dem Hintergrund wichtig, dass Regionalität beim Lebensmitteleinkauf eine Vertrauenseigenschaft darstellt [Ba00].

¹ Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Lübecker Ring 2, 59494 Soest, schuetz.katrin@fh-swf.de

Am Point of Sale wird bisher überwiegend die Verpackung genutzt, um sich in einem vorgegebenen Rahmen über Produkteigenschaften zu informieren [Gi18]. Allerdings kann es hier schnell zu einer Überforderung der einkaufenden Personen kommen, wenn die zur Verfügung gestellten Informationen in Umfang und Detailgrad nicht richtig aufgenommen, bewertet und interpretiert werden können. Andererseits werden spezifische Informationsbedarfe von Personen aus anderen Marktsegmenten möglicherweise nicht ausreichend bedient. Perspektivisch könnten flexible, individualisierte Verbraucherinformationssysteme (fiVIS), z. B. auf Basis einer mobilen App, als Informationsquellen dienen [Jo18]. Der Einsatz solcher digitalen Technologien am Point of Sale eröffnet neue Möglichkeiten, Informationsasymmetrien zwischen der Verbraucher- und Erzeugerseite zu reduzieren [Ha00].

Ziel eines umfangreicheren Forschungsprojektes war ein Abgleich von Verbrauchererwartungen mit dem Qualitätsangebot von Regionalvermarktungsinitiativen. Diese vertiefte Kenntnis der Verbrauchewünsche soll dazu beitragen, die inhaltliche Ausgestaltung von Informationstools zu verbessern und die Akzeptanz regionaler Lebensmittel zu fördern. Darüber hinaus kann die Einführung von technischen Informationsmanagementsystemen Erzeugern, Verarbeitern und dem Handel Wettbewerbsvorteile bringen.

2 Methodisches Vorgehen

Im Rahmen eines gemischt-methodischen Untersuchungsdesigns wurden 2017 in Nordrhein-Westfalen fünf Fokus-Gruppendiskussionen mit jeweils vier Verbrauchern und Vertretern von fünf unterschiedlichen Regionalvermarktungsinitiativen durchgeführt [vgl. SVM18]. Um relevante Konzepte miteinzubeziehen, wurde die empirische Vielfalt an Regionalvermarktungsinitiativen anhand einer vorliegenden Typisierung strukturiert [Wi15], um eine bewusste, kriterienorientierte Fallauswahl zu treffen. Die Rekrutierung der Verbraucherschaft erfolgte quotenbasiert nach Alter, Geschlecht, Bildung und Einkaufsverhalten. Die Audioaufnahmen wurden im Anschluss an die moderierten, leitfadengestützten Gruppendiskussionen transkribiert und das Textmaterial anhand von theoriegeleiteten Kategorien in einer Synthesematrix analysiert. Mit Hilfe der Synthesematrix wurden Aussagen von Personen aus der Verbraucherschaft denen von Produktionsseite gegenübergestellt. Die identifizierten Bedarfe für Informationstools wurden mit literaturgestützten Erkenntnissen über innovative Informations- und Kommunikationstechnologien verbunden, um daraus Perspektiven zu einer digitaltechnisch basierten Weiterentwicklung der Regionalvermarktung abzuleiten.

3 Ergebnisse und Diskussion

Eine Übersicht über neue Informations- und Kommunikationstechnologien wird in folgender Abbildung 1 gezeigt. Mit Hilfe der empirischen Ergebnisse und einer ergänzen-

den Literaturrecherche können die durch Technologien geschaffenen Kaufimpulse für regionale Lebensmittel näher erläutert werden.

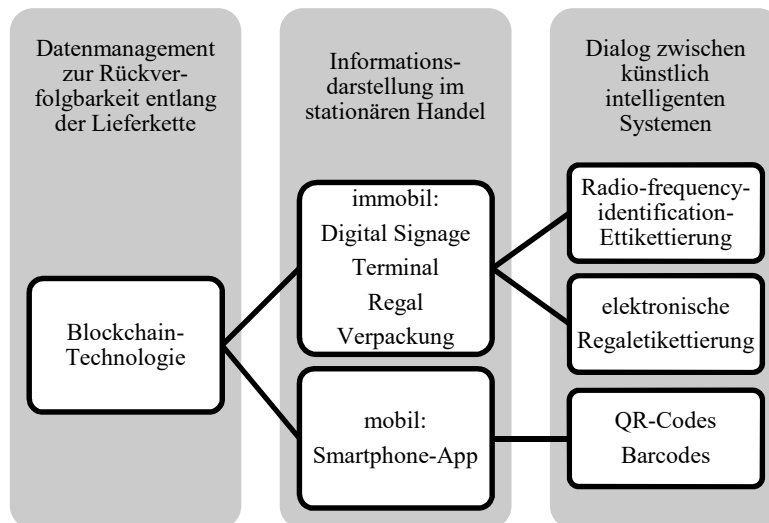


Abb. 1: Neue Informations- und Kommunikationstechnologien entlang der Lieferkette

3.1 Datenmanagement zur Rückverfolgbarkeit entlang der Lieferkette

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass produktindividuelle Informationen häufig fehlen. Informationen zu regionalen Lebensmitteln sollten in der Wertschöpfungskette stufenübergreifend verfügbar sein und am Point of Sale individualisiert abgefragt und ansprechend dargestellt werden können. Hier bietet sich die Blockchain-Technologie für eine lückenlose und fälschungssichere Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln an [RR18]. Ein digitales Verifizierungsnetzwerk kann in Echtzeit Daten über die gesamte Lieferkette überwachen und dabei gesetzliche Vorschriften kontrollieren [Pa18]. Der Vorteil der Nachverfolgbarkeit der gesamten Lebensmittelkette ist aktuell noch mit Herausforderungen verbunden. So müssen zukünftig einheitliche Standards und Schnittstellen geschaffen werden, um Daten zwischen verschiedenen Herstellern und Zulieferern übertragen zu können [BL18]. Hier ist nach eigenen Ergebnissen eine stärkere Aufnahme von Aspekten der regionalen Herkunft in bestehende Warenwirtschaftssysteme zu empfehlen. Zudem sollten effektive Partnerschaften entlang der Lieferkette geschaffen werden. Neben der Interoperabilität zwischen den Partnern in einer Lieferkette gibt es nach einer Studie des Capgemini Research Institute weitere Wachstumshemmnisse. Demnach führen die schwer messbare Rendite der Investition und die Angst vor Datenmissbrauch bei Transaktionen dazu, dass erst 11 % der Unternehmen in Deutschland Blockchain aktiv umsetzen [Pa18].

3.2 Informationsdarstellung im stationären Handel

Neben dem persönlichen und individuellen Kontakt in der Direktvermarktung stellt die Lebensmittelverpackung in der indirekten Distribution über den Einzelhandel die wichtigste Informationsoberfläche dar. Sie bietet Verbraucherinnen und Verbrauchern ein einheitliches, jedoch auch starres Informationsangebot über Herkunft und Produkteigenschaften [vgl. auch Gi18]. Die qualitative Untersuchung zeigt, dass sich Verbraucherpräferenzen bezüglich Regionalität individuell, situativ sowie zeit- und ortsabhängig bilden und Labels bei steigender Anonymität der Einkaufsstätte an Grenzen stoßen. Das gilt insbesondere für die klare und prägnante Bereitstellung von Herkunftsinformationen. Von Erzeugungsseite werden zu starre Vorgaben zur Herkunftsdefinition kritisiert, da nicht alle Zutaten zu jeder Jahreszeit regional verfügbar sein können. So sind vor dem Hintergrund der Informationsüberflutung flexible, individuelle Verbraucherinformationssysteme notwendig, um der Heterogenität der Verbraucherschaft und vielfältigen Produktionsweisen auf Erzeugungsseite gerecht zu werden. Entsprechende Konzepte wurden bereits in den Bereichen Fleisch [Gi18] sowie Obst und Gemüse [Br14] beschrieben. Über eine Smartphone-App können personalisierte Präferenzen zur Regionalität abgefragt werden, sodass anhand individuell vorgenommener Voreinstellungen eine vereinfachte Darstellung erfolgt. In Deutschland werden bereits mit der App *barcoo* und der Nachhaltigkeitsampel *WeGreen* unternehmensbezogene Nachhaltigkeitsinformationen gesammelt und für die Verbraucherschaft leicht zugänglich gemacht [St10]. Um eine informationelle Überforderung der Verbraucherschaft bei der Festlegung von Voreinstellungen zu vermeiden, sind voreingestellte Profile zu empfehlen. Diese „Leitprofile“ können Interessengruppen wie Umweltschutzverbände im Einklang mit ihren Zielen erstellen, die von Nutzerinnen und Nutzern dann übernommen und abhängig von eigenen Präferenzen angepasst werden können. Bei schnellen Kaufentscheidungen mit nur wenig Auswahl werden dagegen häufig intuitive, affektive oder ritualisierte Entscheidungen aufgrund verinnerlichter ideeller Werte getroffen. Mit Hilfe von Terminals oder Digital Signage, dem vernetzten Einsatz von Bildschirmen als Informations- und Werbeplattform, kann dem entgegengesteuert werden. Bildschirme im stationären Handel fördern mit Hilfe der emotionalen Ansprache das Einkaufserlebnis. Gleichzeitig kann, anders als im E-Commerce, im Einzelhandel der Wunsch nach Flexibilität und multisensorischem Erleben regionaler Lebensmittel befriedigt werden [RR18]. Studien zeigen, dass sich mit Digital Signage vor allem bei saisonalen Angeboten Absatzerfolge generieren lassen [Si10]. Zudem können mit dieser Kommunikationstechnologie Produkte am Einkaufsregal neu inszeniert und Kaufimpulse ausgelöst werden. Bewegte, personalisierte Bilder und glaubwürdiges Storytelling, das den Verbrauchervorstellungen von Regionalität entspricht, schafft Vertrauen und Authentizität [vgl. auch RR18].

3.3 Dialog zwischen künstlich intelligenten Systemen

Zukünftig werden individuell zugeschnittene Lösungen ausschließlich vom Einzelhandel angeboten, reine Versorgungseinkäufe erfolgen über das Internet. Dafür müssten im

stationären Handel auch Gastronomie und Entertainment Einzug finden. Zur Verkaufsförderung existiert bereits eine gezielte Kundenführung durch angepasste Ladenbaukonzepte. Damit Kunden regionale Lebensmittel nach ihren Werten und Kaufkriterien finden, könnten Smartphone-Apps die eingegebene Einkaufliste in eine „Indoor-Navigationsroute“ verwandeln und die Kunden gezielt zu den gewünschten Produkten führen [RR18]. Um am Regal Produktinformationen zur Regionalität abzurufen, empfehlen sich anschließend QR-Codes oder Barcodes in Verbindung mit Smartphone-Apps oder Terminals am Point of Sale. Neben einer interaktiven Verpackung mit flexiblem E-Ink-Touchscreen wäre zukünftig auch eine elektronische Regaletikettierung denkbar. Hier könnten Kunden über einen Kartenchip identifiziert werden und am elektronischen Regaletikett bedürfnisgerechte Informationen zur Regionalität erhalten [Ge17]. Bereits im Einsatz sind digitale Preisschilder, die z. B. anhand vom Ablaufdatum dynamisch Preise anzeigen [RR18]. Das Start-up Twist nutzt darüber hinaus radio-frequency identification, um anhand der Etiketten Produkte zu erkennen. Eine nutzerfreundliche Datenabfrage kann über ein Bluetooth-Lesegerät am Smartphone erfolgen [Ch08]. Die empirischen Ergebnisse bestätigen, dass sich die Verbraucherschaft einen Wandel weg von einem vielfältigen, jedoch auch unüberschaubaren Angebot zu personalisierten Informationssystemen wünscht. Mit Hilfe der flexiblen, individualisierten Verbraucherinformationssysteme können, je nach datenschutzrechtlichen Vorgaben, digitale Protokolle erstellt werden, die personalisierte und situativ angepasste Einkauflisten erzeugen [CL18].

4 Schlussfolgerung

Zwei Drittel aller Kaufentscheidungen werden erst am Point of Sale getroffen. Da Verbraucherinnen und Verbraucher täglich eine Vielzahl an schnellen Kaufentscheidungen fällen, muss sich der Point of Sale zum *Point of Communication* entwickeln [KS08]. Die vorgestellten technologischen Ansätze sprechen in komplexen Entscheidungssituationen Produktempfehlungen aus und reduzieren Suchzeiten. Damit könnten technische Tools mit personalisierten, verbraucherfreundlichen und einfach verständlich aufbereiteten Informationen die Informationsbeschaffungskosten senken und die Transparenz für die Verbraucherschaft erhöhen [Jo18].

Literaturverzeichnis

- [Ba00] Balling, R.: Ergebnisse von Verbraucherbefragungen zur Bedeutung der regionalen Herkunft bei Nahrungsmitteln. Regionale Vermarktungssysteme in der Land-, Ernährungs- und Forstwirtschaft. Bd. 30, S. 19-37, 2000.
- [BL18] BLL, Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde, <https://www.bll.de/de/lebensmittel/aktuell/20180822-blockchain-fuer-rueckverfolgbarkeit-und-lebensmittel-sicherheit-entlang-der-kette-food-branche>, Stand: 17.10.2018.
- [BM18] BMEL, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Deutschland, wie es isst. Der BMEL-Ernährungsreport 2018. Berlin, 2018.

- [Br14] Bratzler, M. et al.: Verbraucherinformationssystem zur Nutzung am Point of Sale (POS) zum Shelflife und Produkteigenschaften für Obst und Gemüse am Beispiel der Kiwi. Innovationstage 2014 - Neue Ideen für den Markt, S. 216-219, 2014.
- [CL18] Carl, M.; Lübcke, M.: Kundendialog 2025, Der Dialog zwischen intelligenten Systemen. 2b AHEAD ThinkTank GmbH, Leipzig, 2018.
- [Ch08] Chen, R.S. et al.: Using RFID technology in food produce traceability. WSEAS Transactions on information science and applications 5 (11), S. 1551-1560, 2008.
- [Ge17] Gerling, M.: Vom Barcode zu Mobile Commerce. In Handel 4.0, S. 117-127, Springer Gabler, Berlin, Heidelberg, 2017.
- [Gi18] Gier, N. et al.: Zur Konzeption eines Verbraucherinformationssystems als Ergänzung – oder Alternative? – zum klassischen Informationslabel: Sonderbericht zum Projekt Special Section SocialLab, Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit 13 (2), S. 39-45, 2018.
- [Ha00] Hanf, C.H.: Zur Bedeutung von Vertrauenseigenschaften für den Wettbewerb auf Lebensmittelmärkten. Schriften der GEWISOLA 36, S. 265-271, 2000.
- [Jo18] Joerß, T. et al.: Nachhaltigkeitsinformationen zu Lebensmitteln am Point-of-Sale mittels mobiler Augmented Reality. In (A. Ruckelshausen et al., Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft, Fokus: Digitale Marktplätze und Plattformen, Referate der 38. GIL-Jahrestagung 26.-27. Februar 2018, Kiel. Lecture Notes in Informatics (LNI) 278, S. 131-134, 2018.
- [KS08] Kullmann, J.; Salzuflen, B.: Die neuen Einkaufswelten – emotional und multimedial. POS Kompakt, 1, S. 29-31, 2008.
- [Pa18] Pai, S. et al.: Does blockchain hold the key to a new age of supply chain transparency and trust? Capgemini Research Institute, 2018.
- [RR18] Rützler, H.; Reiter, W.: Foodreport 2019. Zukunftsinstitut GmbH. Frankfurt, 2018.
- [SVM18] Schütz, K.; Vogt, L.; Mergenthaler, M.: Regionale Lebensmittel zwischen Anspruch und Wirklichkeit, Working Papers des KVF NRW, Nr. 11, 2018.
- [Si10] Silberer, G.A.: Digital Signage im stationären Handel. Das Anwendungs- und Wirkungspotenzial eines neuen POS-Mediums. der markt 49 (1), S. 3-16, 2010.
- [St10] Stanzus, M.: Mobile Marktbeobachtung und Nachhaltiger Konsum. Kann durch mobile Marktbeobachtung die „Verhaltenslücke des Nachhaltigen Konsums“ widerlegt werden? Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät, Potsdam, 2010.
- [Wi15] Wiesmann, J. et al.: Erfolgsfaktoren und Schwachstellen der Vermarktung regionaler Erzeugnisse. Forschungsberichte des Fachbereichs Agrarwirtschaft Soest Nr. 35, 2015.

Akzeptanz eines Herdenmanagement-Programms für PC und Smartphone auf rinderhaltenden Betrieben

Katrin Schütz¹, Larissa Verfürth¹, Miriam Kramer¹, Anne Thönnissen¹, Nicole Tücking¹,
Marc Boelhauve¹ und Marcus Mergenthaler¹

Abstract: Mit der Einführung neuer Techniken auf milchviehhaltenden Betrieben sind meist hohe Erwartungen verbunden. Diese reichen von Produktivitätssteigerung bis hin zur möglichen Kostenreduktion. Der Adoptionserfolg einer neuen Technik ist vorwiegend von Ausmaß und Art der Akzeptanz der potenziell nutzenden Personen abhängig. Nach dem Technologieakzeptanzmodell bedingt die Einstellungsakzeptanz die Verhaltensakzeptanz, beziehungsweise die tatsächliche Nutzung. Beeinflusst wird die Verhaltensakzeptanz vom „wahrgenommenen Nutzen“ und der „wahrgenommenen einfachen Bedienbarkeit“. Anhand des Technologieakzeptanzmodells wird im Rahmen des Projektes „Digitale Kuh 3.0“ untersucht, warum sich Milchviehhalter für ein bestimmtes Herdenmanagement-Programm entscheiden und welche Faktoren die Nutzungsintensität beeinflussen. Die qualitative Untersuchung mit Lead-Usern des Herdenmanagement-Programms Fokus 2.0 vom Landeskontrollverband Nordrhein-Westfalen kommt zu dem Ergebnis, dass die Akzeptanz eines Herdenmanagement-Programms maßgeblich von den organisatorischen Rahmenbedingungen und den Leistungserwartungen der Nutzer abhängt.

Keywords: Digitalisierung, Technologieakzeptanzmodell, Benutzerfreundlichkeit, Managementhilfen, Experteninterviews, Milchviehbetriebe

1 Einleitung

Mit steigender Herdengröße nehmen die Anforderungen an Milchviehhalter zu. Arbeitsprozesse, die in den Tagesablauf sachgerecht integriert werden müssen, machen ein gutes Management unabdingbar [Pe12]. Als Hilfsmittel für das Herdenmanagement werden immer mehr Programme für PC und Smartphone angeboten, die je nach Ausstattungsvariante einfache bis komplexe Analysen zum Gesundheitszustand der Herde erstellen können. Internetbasierte Informationssysteme können unterstützend anfallende Daten verarbeiten und strategische sowie operativ nutzbare Informationen für Milchviehhalter zur Verfügung stellen [Pa04]. In der vorliegenden Untersuchung wird die Akzeptanz der internetbasierten Herdenmanagement-Software Fokus 2.0 des Landeskontrollverbands in Nordrhein-Westfalen geprüft. Dabei wird der Frage nachgegangen, nach welchen Kriterien Milchviehhalter das Herdenmanagement-Programm auswählen, für welche Aufgaben sie das Programm nutzen und welche Faktoren die Nutzungsintensität, d. h. die Nutzungshäufigkeit und Nutzungstiefe,

¹ Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Lübecker Ring 2, D-59494 Soest,
schuetz.katrin@fh-swf.de

beeinflussen. Für milchviehhaltende Betriebe sind bereits verschiedene Herdenmanagement-Programme verfügbar. Dabei werden Softwarelösungen, die unabhängig von der Melktechnik eingesetzt werden können, übersichtlich und leicht zu erlernen sind und ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis zeigen, von den Nutzern bevorzugt [Zi11]. Untersuchungen zur Technologieakzeptanz auf milchviehhaltenden Betrieben liegen nicht explizit vor. Bislang stehen schweinehaltende Betriebe für derartige Studien im Mittelpunkt [APT11, BSP09, Ho11].

2 Methodisches Vorgehen

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Digitale Kuh 3.0 – Entwicklung nutzerspezifischer Managementhilfen zur Verbesserung der Gesundheit sowie zur Optimierung tiergerechter Haltungssysteme von Milchkühen“ wurden im September und Oktober 2018 in Nordrhein-Westfalen 18 Experteninterviews mit Milchviehhaltern durchgeführt. Die befragten Milchviehhalter zählen zu aktiven Nutzern (Lead-User, mind. 120 Logins innerhalb von sechs Monaten) des Herdenmanagement-Programms Fokus 2.0 des Landeskontrollverbands in Nordrhein-Westfalen. Fokus 2.0 ist ein webbasiertes Tool zur Koordination und Analyse von Management- und Gesundheitsdaten auf Milchviehbetrieben. Eine bewusste, kriterienorientierte Fallauswahl über eine kleine Stichprobe an Lead-Usern ermöglichte eine intensive, vertiefende qualitative Inhaltsanalyse zum besseren Verständnis von Zusammenhängen. Der Leitfaden der Experteninterviews wurde anhand des Technologieakzeptanzmodells strukturiert [Ma17]. Die Akzeptanz und Nutzung von Technologie kann anhand der Determinanten „wahrgenommener Nutzen“, „wahrgenommene einfache Bedienbarkeit“ und mit Hilfe von sozialen und kognitiv-instrumentellen Prozessvariablen beurteilt werden. Dazu zählt u. a. die Freiwilligkeit der Software-Nutzung Fokus 2.0, die IT-Erfahrung, die Nachvollziehbarkeit und Qualität der Arbeitsergebnisse sowie die Erfahrung mit anderen Herdenmanagement-Programmen. Nach Transkription der Audioaufnahmen wurde mit Hilfe der literaturgestützten Kategorien das Textmaterial einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen. Im zweiten Analyseschritt konnten in einer Synthesematrix wesentliche Potenziale und Hemmnisse zur Nutzung des Herdenmanagement-Programms herausgestellt werden.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Sozialer Einfluss (Subjective Norm)

Der Einfluss des sozialen Umfelds stellt einen wichtigen Treiber der Technologieakzeptanz dar [Ma17]. Allerdings zeigt die vorliegende Untersuchung, dass beim kürzlich eingeführten Herdenmanagement-Programm Fokus 2.0 der soziale

Einfluss des direkten Umfelds noch kaum zum Tragen kommt. In Verbindung mit der bisher geringen Verbreitung fand auch nur ein geringer Informations- und Erfahrungsaustausch mit Mitarbeitern, Familienmitgliedern und Berufskollegen statt. Das führt dazu, dass Transaktionskosten wie Informations-, Anpassungs-, Kontroll- und Durchsetzungskosten vergleichsweise hoch sind [El08]. In Abhängigkeit von der Diffusionsrate kann mit steigender Zahl an softwarebezogenen sozialen Interaktionen die Bekanntheit der Software und der soziale Einfluss zunehmen. Insgesamt bewerten die Lead-User das Herdenmanagement-Programm *„relativ positiv, allein schon, dass das angeboten wird, wenn [...] die Daten gut gepflegt werden, dann ist das auch mehr in aller Munde“*. So werde nach Ansicht der befragten Milchviehhalter das Angebot des PC- und Smartphone-gestützten Managementprogramms Fokus 2.0 langfristig zu einem modernen Imagewandel des Landeskontrollverbands beitragen.

3.2 Freiwilligkeit der Nutzung (Voluntariness)

Neben der Leistungserwartung nimmt die intrinsische Motivation der Befragten Einfluss auf die langfristige Akzeptanz der Technologie: *„Alles was neu ist, ist erst einmal interessant [...] wenn das alles klappt, macht das auch Spaß“*. Die intrinsische Motivation kann durch Druck von Vertragspartnern oder verpflichtende Verträge gemindert werden. Die Milchviehhalter schätzen den Einfluss durch Dritte auf ihre Nutzungsentscheidung allerdings als sehr gering ein. Positionen im Vorstand sowie Ansprache durch Mitarbeiter des Landeskontrollverbands, z. B. Milchkontrolleur oder Abteilungsleiter, hätten zur aktiven Nutzung beigetragen, diese aber nicht maßgeblich beeinflusst. Der Druck, digitale Informationssysteme zu nutzen, fällt im Vergleich zu der vertikalen Integration im Geflügel- und Schweinebereich niedriger aus. Insgesamt schreitet die Implementierung von Internetanwendungen im Milchmarkt bisher langsamer voran als in stärker vertikal koordinierten Wertschöpfungsketten [Ba09].

3.3 Wahrgenommener Nutzen (Perceived Usefulness)

Der wahrgenommene Nutzen bzw. die Leistungserwartung nimmt den stärksten Einfluss auf die Akzeptanz neuer Informationsmanagementtools [vgl. auch Ve03]. Positiven Einfluss auf die Akzeptanz des Herdenmanagement-Programms erzeuge seitens der Milchviehhalter auch die Kostenersparnis gegenüber Wettbewerbsprodukten sowie eine einfache Revidierbarkeit einer ersten Nutzungsentscheidung: *„Bei Fokus konnte ich versuchen, ausprobieren und die anderen Programme muss ich kaufen“*. Für die Software Fokus 2.0 fallen neben dem Mitgliedsbeitrag des Landeskontrollverbands keine pagatorischen Investitions- und Lizenzkosten an. Die Befragung zeigte, dass bei unentschlossenen Nutzern, IT-Einsteigern oder klein- und mittelständischen Milchviehbetrieben hohe pagatorische Anschaffungskosten kommerzieller Anbieter zu einer Nicht-Anschaffung solcher Programme führen. Darüber hinaus trage die mentale Arbeitserleichterung durch das Herdenmanagement-Programm zur Nutzungsentscheidung bei: *„Ab 80 Kühe aufwärts kann man das nicht mehr im Kopf*

haben“. Auch reduziere die Software die von den Milchviehhaltern kritisierte „Zettelwirtschaft“, „von der Auswertung sind da Sachen drin, die das Papier tatsächlich unnötig machen“. Insgesamt machten die Bündelung einer Vielzahl von Informationen und die verschiedenen Auswertungsmöglichkeiten ein frühzeitiges Eingreifen möglich. Damit verbessere sich nach Aussage vieler Nutzer das Besamungs- und Tiergesundheitsmanagement bei zunehmender Herdengröße, woraus sich auch ein monetärer Vorteil ableiten ließe.

3.4 Wahrgenommene Leichtigkeit der Anwendung (Perceived Ease of Use)

Der Aufwand des Erlernens und die Benutzerfreundlichkeit nehmen starken Einfluss auf die langfristige Nutzung der Software. Die wahrgenommene Leichtigkeit der Anwendung hängt stark mit der IT-Erfahrung des Befragten zusammen [vgl. auch Sz96]. So fordern IT-Einsteiger zu Beginn der Technologienutzung häufiger „Workshops“, „Video-Tutorials“ und „Feedback-Buttons“ zum Erlernen der Software. IT-Erfahrene gehen dagegen selbständig an neue Technologien heran: „Man darf keine Angst haben sich da durchzuklicken“. So bewerten Milchviehhalter mit höherer IT-Kenntnis die Einarbeitungszeit kürzer und damit kalkulatorische Kosten geringer im Vergleich zu IT-Einsteigern. Die Ergebnisse der Befragung zeigen darüber hinaus, dass ältere IT-Einsteiger Schwierigkeiten haben, komplexe Informationen zu verarbeiten: „Wenn es ins Detail geht, ist es schon schwierig für mich [...] da kann ich nicht so lange vorsitzen, deswegen muss das schnell und einfach sein, damit das auch genutzt wird“. Da technische Grundlagen für ein Herdenmanagement-Programm auf den beteiligten Milchviehbetrieben größtenteils vorhanden sind, liegen die Akzeptanzbarrieren auch am klassischen Informationsverhalten der Milchviehhalter, in der Kommunikationswege per Telefon, Fax oder Post teilweise vorherrschen [vgl. auch Ba09].

Ein Teil der Lead-User wünscht sich darüber hinaus verschiedene Programmierungen wie ein „Abkürzungsverzeichnis“ oder „Mouse-Over-Effekte“, eine „nutzerindividuelle Gestaltung“ in Bezug auf Farben und Grenzwerte, eine Anpassung der Tabellen und Grafiken an Tablet- und Smartphone-Ansichten, „Plausibilitätskontrollen“ und „Pop-Up-Nachrichten für anstehende Aktionen“, z. B. Kalbungen. Auch die Smartphone-App wird positiv bewertet: „Wenn ich zum PC rennen muss, mache ich es nicht, aber wenn ich es auf dem Handy direkt im Stall eingeben könnte, wäre es schon einfacher“. Als erleichternde Rahmenbedingung wurde auch das Angebot einer offline-App-Version für Regionen mit schwacher mobiler Internetverbindung genannt.

3.5 Einflussdeterminanten auf die tatsächliche Nutzung (Actual System Use)

Lead-User sehen vor allem Abstammungs- und Milchleistungsprüfungs-Daten am PC ein oder nutzen Aktionslisten z. B. für Besamungen oder Trächtigkeitsuntersuchungen. Für eine aktive, routinemäßige Nutzung seien nach Ansicht der Befragten Funktionserweiterungen notwendig. Dazu zählt u. a. die Schaffung von Schnittstellen

zum Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere (HIT) und zum Zuchtverband, um Doppeleintragungen zu reduzieren. Auch Kopplungen mit Melk- und Fütterungstechnik sowie anderen Herdenmanagement-Programmen werden gefordert. Obwohl elektronisch unterstützte Tierhaltungssysteme wesentlich länger bestehen als die Entwicklung hin zum Precision Farming, gibt es bisher mehr „*Insellösungen*“ als „*Komplettsysteme*“ [vgl. auch Pa04]. Hier bedarf es einer stärkeren Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Herstellern. Der digitale Austausch sensibler Daten birgt aber auch das Risiko des Datenmissbrauchs, so dass ein hoher Grad an Vertrauen in das System und den Anbieter erforderlich ist [Ba09]. Die Befragten schätzen die Datensicherheit des Programms Fokus 2.0 insgesamt höher ein als bei kommerziellen Anbietern ähnlicher Herdenmanagement-Programme. Die Milchviehhalter zeigen außerdem weniger Skepsis gegenüber dem Datenaustausch mit Mitarbeitern, Tierärzten, Beratern oder Arbeitskollegen als gegenüber Ämtern und Überwachungsbehörden. Dritte können über eine individuelle Einstellung Zugriffsrechte erhalten: „*Wenn Daten mit Dritten ausgetauscht werden, dann nur nach meinem Einverständnis*“. Vor diesem Hintergrund wird der Landeskontrollverband in Nordrhein-Westfalen als „*neutrale Institution*“ und damit als vertrauenswürdiger Partner beschrieben.

4 Schlussfolgerung

Der Trend zu größeren Beständen in der Milchviehhaltung und die zunehmende Automatisierung bei der Fütterung, Melktechnik und Tierüberwachung werden nach bisherigen Einschätzungen oft zu einem umfangreicheren Einsatz von Herdenmanagement-Programmen führen [vgl. auch WH14]. Um erste Rückschlüsse auf die Verhaltensintention für den Einsatz eines Herdenmanagement-Programms zu ziehen, können die Hauptdeterminanten des Technologieakzeptanzmodells 2 herangezogen werden. Insbesondere die Determinanten „*wahrgenommener Nutzen*“ und „*wahrgenommene einfache Bedienbarkeit*“ beeinflussen die Akzeptanz des Programms Fokus 2.0 und zeigen Handlungsbedarfspotential für die Optimierung der Software auf. Für eine Nutzungssteigerung können die positive ökonomische Wirkung durch ein verbessertes Besamungs- und Tiergesundheitsmanagement bei zunehmender Herdengröße sowie die Ersparnis der pagatorischen Investitions- und Lizenzkosten im Vergleich zu alternativen Herdenmanagement-Programmen herausgestellt werden. Zudem empfiehlt sich bei IT-Einsteigern eine unterstützende Beratung. Um Wissenslücken zu reduzieren, sollte Precision Livestock Farming einen noch größeren Anteil in der landwirtschaftlichen Aus- und Weiterbildung umfassen. Der Einsatz von internetbasierten Informationssystemen kann durch gezielte Weiterbildung und Herausstellung des Mehrwerts gefördert werden [Ar11, Ho11]. Insgesamt wird der Einsatz neuer Technik von vertiefenden Interaktionsbeziehungen bestimmt, die über die soziodemographischen und betriebsstrukturellen Faktoren hinausgehen [vgl. auch Ba09]. So konnten in der vorliegenden Untersuchung die Anforderungen an Schnittstellenkompatibilität und Autorisationsrollen als wichtige Einflussfaktoren herausgestellt werden, die diese Interaktionsbeziehungen ermöglichen. Auch

organisatorische Rahmenbedingungen, wie die bereits existierende Automatisierung des Milchviehbetriebes, nehmen Einfluss auf die Akzeptanz des Herdenmanagement-Programms. Um Zusammenhänge zwischen Nutzerverhalten und der Motivation der Milchviehhalter breiter zu erfassen, sollten standardisierte Erhebungen in größeren und varianzreicheren Stichproben, angelehnt an das Technologieakzeptanzmodell 2, Ziel weiterer Untersuchungen sein. Dabei sollten Befragungen mit standardisierten Beobachtungen zum Nutzungsverhalten kombiniert werden. Ergänzt werden sollte dies mit vertiefenden Eye-Tracking-Studien, um die intuitive Nutzung zu verbessern und das Nutzungserlebnis zu steigern.

Literaturverzeichnis

- [APT11] Arens, L.; Plumeyer, C.-H.; Theuvsen, L.: Akzeptanz von Informationssystemen durch Schweinemäster: eine Kausalanalyse, Vortrag anlässlich der 51. Jahrestagung der GEWISOLA „Unternehmerische Landwirtschaft zwischen Marktanforderungen und gesellschaftlichen Erwartungen“, Halle, 2011.
- [BSP09] Bahlmann, J.; Spiller, A.; Plumeyer, C. H.: Status quo und Akzeptanz von Internet-basierten Informationssystemen: Ergebnisse einer empirischen Analyse in der deutschen Veredelungswirtschaft. Diskussionspapiere 0901, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Göttingen, 2009.
- [EI08] Ellebrecht, A.: Nutzenbetrachtung internetbasierter Informationssysteme im einzel- und überbetrieblichen Gesundheitsmanagement. Dissertation, Landwirtschaftliche Fakultät Bonn, 2008.
- [Ho11] Hoffmann, C.: Beiträge des Informationsmanagements zur Qualitätssicherung in der ökologischen Schweinefleischproduktion in Deutschland, Dissertation, Universität Hohenheim, 2011.
- [Pa04] Pawelzik, B.: Das Wirtschaften aus dem Bauch ist vorbei, Eilbote, 47, S. 12-15, 2004.
- [Pe12] Pelzer, A.: Herdenmanagement in wachsenden Milchviehbetrieben. 39. Viehwirtschaftliche Fachtagung, S. 19-21, 2012.
- [Sz96] Szajna, B.: Empirical Evaluation of the Revised Technology Acceptance Model. In: Management Science 42 (1), S. 85-92, 1996.
- [Ma17] Maruping, L.M. et al.: Going beyond intention: Integrating behavioral expectation into the unified theory of acceptance and use of technology. Journal of the Association for Information Science and Technology, 68(3), S. 623-637, 2017.
- [Ve03] Venkatesh, V. et al.: User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View, MIS Quarterly. 27, S. 425-478, 2003.
- [WH14] Wendl, G.; Harms, J.: Technik in der Rinderhaltung. Jahrbuch Agrartechnik 2013, S. 1-10, 2014.
- [Zi11] Zimmermann, C.: Praxistest, Welche Software für meine Herde?, top agrar, 6, S. 26-31, 2011.

getDist4Agri – ein Webservice zur Ermittlung abstandsrelevanter Landschaftsstrukturen für den PSM-Einsatz

Christoph Sinn¹ und Burkhard Golla¹

Abstract: Für die Risikoabschätzung von Pflanzenschutzmittelanwendungen in der Landwirtschaft sind die Abstände von Feldkante zu aquatischen und terrestrischen Lebensräumen relevante Informationen. Eine Anwendung in der Landwirtschaft, welche diese Eingangsdaten benötigt, ist der PAM-Service (Pesticide Application Manager). Die Strukturen, wie z. B. Gewässer oder Hecken, sind bislang außerhalb des Verfahrens einzumessen und anschließend an den Dienst digital zu übergeben. Um den PAM-Service auch ohne vorheriges Einmessen der Strukturen nutzen zu können, wurde der Webservice „getDist4Agri“ entwickelt. Der Dienst ermittelt auf Grundlage von Geodaten des ATKIS Basis-DLM für beliebige Schlaggeometrien in Deutschland die abstandsrelevanten Strukturen der Umgebung.

Keywords: Pflanzenschutz, GIS, Nachbarschaftsanalyse, Anwendungsbestimmungen, ATKIS, PAM, Webservice, Webdienst

1 Einleitung

Um aquatische und terrestrische Lebensräume wie Gewässer, Feldraine, Hecken, Gehölze etc. vor unvermeidbaren Auswirkungen durch Pflanzenschutzmitteleinträge zu schützen, werden mittelspezifische Anwendungsbestimmungen im Rahmen der Zulassung festgelegt. In der Regel werden dadurch Abstände definiert, in denen Pflanzenschutzmittel (PSM) nicht oder nur mit abdriftmindernder Technik angewendet werden dürfen. Auch bestehen seit jüngerer Zeit höhere Abstände zu Siedlungsflächen (Anwohnerschutz).

Bislang ist eine Voraussetzung des PAM-Service, dass die abstandsrelevanten Strukturen bekannt sind, digital vorliegen und digital übergeben werden. Für diese werden entsprechend der spezifischen Anwendungsbestimmungen und unter Beachtung von möglichen Landesbestimmungen (Gewässerschutz) die Geometrien von Nicht-Anwendungsflächen zurückgegeben [Sc16].

¹ Julius-Kühn-Institut, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow, christoph.sinn@julius-kuehn.de, burkhard.golla@julius-kuehn.de

2 Zielstellung

In Echtzeit sollen alle abstandsrelevanten Strukturen für eine beliebige Schlaggeometrie bei einem Webservice abgefragt werden können. Als Datengrundlage soll zunächst das bundesweit verfügbare ATKIS Basis-DLM [ADV14] verwendet werden, andere Geodatenbestände sollen ATKIS jedoch ergänzen oder ersetzen können. Diese Daten könnten beispielsweise aus Fernerkundungsprodukten abgeleitete Hecken- oder Gewässerkarten sein (Landschaftselementkataster der Länder). Nachdem die Schlaggeometrie als Parameter übergeben ist, soll in einem gängigen Datenformat die Antwort erfolgen, um damit den Dienst in Dienste-orientierte Architekturen einbinden zu können.

Eine Rückgabe von vollständigen Geometrien der abstandsrelevanten Strukturen ist nicht erforderlich, da dies Client-seitig einen hohen Aufwand bedeuten würde. Stattdessen wurde es als ausreichend erachtet, ausgehend von dem Umriss des Schlags die Stellen mit abstandsrelevanten Strukturen als Linie zu erfassen und an den Client zurückzuschicken. Diese Linien-Teilstücke können direkt an einen Webservice wie PAM übergeben werden. Somit würden derartige Systeme, auch ohne beim Anwender vorliegende Daten zu abstandsrelevanten Strukturen, genutzt werden können. Für die hier vorliegende Fragestellung ist neben dem Abstand auch die Art der Nachbarschaftsbeziehung zu berücksichtigen. Beispielsweise ist es für die Interpretation einer Anwendungsbestimmung relevant, ob sich zwischen Ackerfläche und (abstandrelevantem) Waldrand eine Straße befindet [BVL14] (Abb. 1). Auch andere Anwendungsfälle für den Webservice sind denkbar, wie z. B. Risikoabschätzungen von PSM-Anwendungen in Echtzeit, ohne dass eine Vorprozessierung erforderlich ist oder der Anwender sich mit komplexen Nachbarschaftsbeziehungen auseinandersetzen muss [Go14].

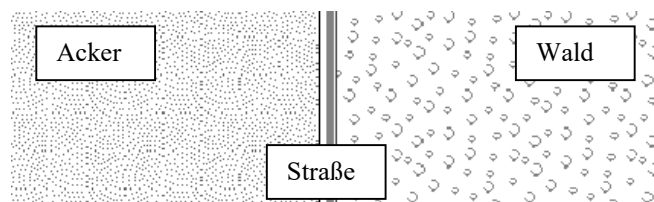


Abb. 1: Darstellung einer möglichen Nachbarschaftsbeziehung zwischen Schlag und Wald nach ATKIS Basis-DLM

3 Material und Methoden

Um mit dem Webservice deutschlandweit eine vergleichbare Qualität zu gewährleisten, wurden amtliche Daten verwendet. Frei verfügbare Daten wie OpenStreetMap wären prinzipiell ebenfalls nutzbar, die Vollständigkeit und Erfassungsgenauigkeit ist jedoch in Deutschland nicht einheitlich. Ein Vergleich der beiden Datenbestände wurde hier nicht angestellt.

ATKIS-Daten müssen zunächst in eine Geodatenbank überführt werden, um räumliche Abfragen wie die Analyse der Nachbarschaften webbasiert vornehmen zu können. Als freie Software ist PostGIS weit verbreitet, und der Funktionsumfang mit dem der proprietären Software Oracle Spatial vergleichbar. Da in diesem Projekt soweit wie möglich freie Software eingesetzt werden sollte, kam als Webserver der Apache zum Einsatz und als serverseitige Programmiersprache PHP7 (siehe Abbildung 2).

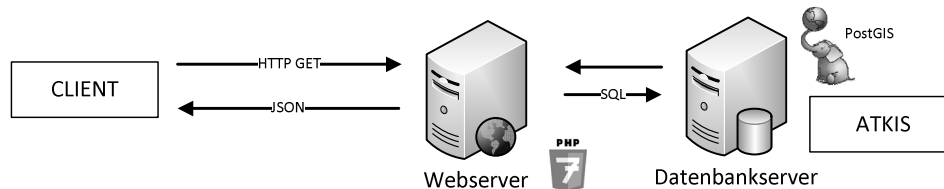


Abb. 2: Darstellung der Datenströme zwischen Client und Server

Die räumliche Untersuchung der Geometrie des Schlags auf Entfernungen zu abstandsrelevanten Strukturen wurde mit PostGIS realisiert. Die Längen der Teilstücke und die Größe des Suchgebiets (Buffer) sind variabel und können optional als Parameter übergeben werden. Als Voreinstellung wurden die Linienteilstücke mit 10 Meter Länge definiert und Entfernungen auf bis zu 20 Meter untersucht.

Erzeugt werden die Teilstücke durch das Setzen von neuen Stützpunkten mit definiertem Abstand zwischen den vorhandenen Stützpunkten der Schlaggeometrie. Per PHP-Skript, welches die Schlaggeometrie vom Anwender entgegennimmt und mit PostGIS kommuniziert, werden die PostGIS-Befehle zum Segmentieren aufgerufen. Anschließend werden benachbarte Stützpunkte zu einer Linie (Teilstück) zusammengesetzt.

Zuerst wird geprüft, ob Objekte wie z. B. eine Straße oder ein Bahndamm sich in direkter Nachbarschaft zum Schlag befinden. Ist dies der Fall, so ist dieses Teilstück für die Nachbarschaftsanalyse nicht weiter relevant. Ansonsten wird für das Teilstück im jeweiligen Suchgebiet nach Gewässern (aqua), nach Wäldern und Grünflächen (terra) und nach Wohngebieten (other) gesucht. Bei einem Treffer wird die Geometrie des Linienteilstücks zurückgegeben und mit den Parametern aqua, terra und other versehen.

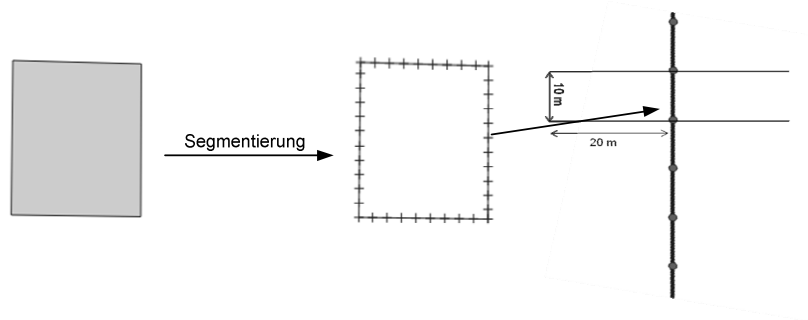


Abb. 3: Visualisierung der Segmentierung

4 Ergebnisse und Ausblick

Die Schlaggeometrie wird als Polygon oder Multipolygon in Textform via http GET übergeben. Ein Beispiel-Request sieht wie folgt aus:

```
http://asssys-services.julius-
kuehn.de/getdist4agri.php?geom=POLYGON(((3609811.4195308
5756656.79471498,3609721.92940337
5756657.95692443,3609721.92940337
5756657.95692443,3609723.09161282
5756765.65499987,3609811.80693395
5756763.33058097,3609811.4195308 5756656.79471498)))
```

Der Response erfolgt zwecks besserer Lesbarkeit als JSON-Dokument. Die Ausgabe als XML-Dokument sowie als GeoJSON befindet sich in der Planung. Geliefert wird die komplette Teilstückgeometrie als Text sowie die Rückgabewerte aqua, terra und other (siehe Abb. 4). Diese sind Boolesche Variablen und stehen auf 1, wenn sich im Suchgebiet eine relevante Struktur befindet. Bei einem Gewässer beispielsweise ist dies aqua. Da aufgrund der begrenzten Zeichenlänge via http-GET Probleme bei komplexen Geometrien entstehen können, ist eine Übergabe via http POST geplant. Die Schlaggeometrie soll als GeoJSON übergeben werden können. Ein GeoJSON wird zurückgegeben, welches die Teilstücke der relevanten Strukturen enthält.

```
"1":{"geom":"LINESTRING(3609811.4195308
5756656.79471498,3609801.42037401
5756656.92457416)","aqua":1,"terra":0,"other":0},
```



```
"2": {"geom": "LINESTRING(3609801.42037401
5756656.92457416,3609791.42121721
5756657.05443334)", "aqua": 1, "terra": 0, "other": 0},
```

Als Kartennetzentwurf wird zwecks der besseren Lesbarkeit in diesem Beispiel Gauß-Krüger3 verwendet. In der Praxis kommt WGS84 (EPSG:4326) zum Einsatz, welches auch die Standardprojektion von dem offenen Format GeoJSON ist. Durch den Einsatz von GeoJSON ist Interoperabilität sichergestellt, der Dienst kann mit anderen Systemen zusammenarbeiten.

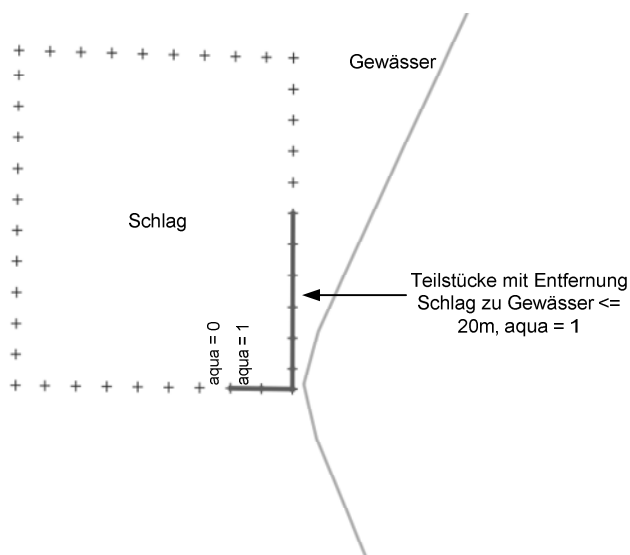


Abb. 4: Visualisierung der Risikoanalyse

An die Entwicklungen der Digitalisierung in der Landwirtschaft und den Einsatz innovativer Technik ist auch die Erwartung geknüpft, Wirtschaftlichkeit und Ressourcenschutz besser in Einklang zu bringen. Insbesondere im Bereich der Pflanzenschutz-, aber auch der Düngemittelanwendung sind Nachbarschaftsstrukturen des Schlags oder Landschaftselemente innerhalb des Schlags vor Einträgen zu schützen. Diese Geodaten stehen häufig nicht zur Verfügung oder sind nicht für eine Maschine-Maschine-Kommunikation verfügbar. Dienste-orientierte Systeme mit Bedarf an diesen Informationen können den Service getDist4Agri im Sinne der Vernetzung von Systemen einer Landwirtschaft 4.0 einbinden. Durch die Einbindung des Dienstes in Ackerschlagkarteien mit Kartenkomponente können dem Nutzer erstmals sensible Landschaftsstrukturen visualisiert werden, ohne diese selbst zuvor kartieren zu müssen. Durch darauf aufbauende Anwendungen wie [Sc16] und [Po18] kann eine für den Naturhaushalt sichere Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln unterstützt werden.

Literaturverzeichnis

- [AdV15] Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok); Erläuterungen zum ATKIS® Basis-DLM; Version 6.0.1; Stand: 25.08.2015 Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV), 2015
- [BVL16] Online-Datenbank zugelassener Pflanzenschutzmittel Erläuterungen zur Datenbank und Hinweise zur Anwendung der Pflanzenschutzmittel. [Online]. Available: http://www.bvl.bund.de/DE/04_Pflanzenschutzmittel/01_Aufgaben/02_ZulassungPSM Aufgerufen 1.10.2018.
- [BVL14] Handbuch Pflanzenschutz-Kontrollprogramm; Bund-Länder-Programm zur Überwachung des Inverkehrbringens und der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln nach dem Pflanzenschutzgesetz (Stand: April 2014). Braunschweig: Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2014.
- [Go14] Golla, B. et al.: Hot-Spot Management im Rahmen des NAP – Erfahrungen aus dem Bundesland Nordrhein-Westfalen. 59. Deutsche Pflanzenschutztagung, Julius-Kühn-Archiv, Quedlinburg, 2014.
- [Sc16] Scheiber, M. et al.: Automatisierte Berücksichtigung von Abstandsaufgaben. In (A. Ruckelshausen et al., Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft, Fokus: Intelligente Systeme Stand der Technik und neue Möglichkeiten, Referate der 36. GIL-Jahrestagung 22.-23. Februar 2016, Osnabrück. Lecture Notes in Informatics (LNI) 253, S. 177-180.
- [Po18] Pohl, J.-P. et al.: Assistenzsystem zur teilflächenspezifischen Applikation von Pflanzenschutzmitteln. In: JK1 (Hrsg.): 61. Deutsche Pflanzenschutztagung: Herausforderung Pflanzenschutz - Wege in die Zukunft; 11. - 14. September 2018, Universität Hohenheim - Kurzfassungen der Vorträge und Poster (Julius-Kühn-Archiv 461), Braunschweig, 577-578, 2018.

Potenziale von Open Data für die Effizienzsteigerung von mobilen Arbeitsmaschinen

Thoralf Stein¹ und Tobias Henschel¹

Abstract: Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Abschätzung der benötigten Leistung für verschiedene landwirtschaftliche Arbeitsprozesse. Dabei wird auf eine Vielzahl von öffentlich zugänglichen Datenbanken zurückgegriffen und mittels eines komplexen Modells der Leistungsbedarf bestimmt. Anschließend wird das Modell mit Testdaten verglichen, um zu zeigen, dass eine Empfehlung von Maschine und Anbaugerät nur mittels öffentlich zugänglicher Datenbanken möglich ist.

Keywords: Open Data, Smart Data, Entscheidungsunterstützungssysteme, Kraftstoffeinsparung, Data Mining

1 Einleitung

Open Data ist ein wichtiger Begriff der Digitalisierung in verschiedenen Bereichen und enthält auch für die Landwirtschaft viele Potenziale. Immer mehr staatliche und nichtstaatliche Institutionen stellen Daten kostenfrei zur Verfügung. In den diversen Disziplinen der landwirtschaftlichen Optimierung könnten diese zum Einsatz kommen. „Entscheidungsunterstützungssysteme“ (engl.: *Decision Support System* (DSS)), spielen dabei eine immer größere Rolle und können durch moderne Informationstechnik in vielen Bereichen eingesetzt werden. Diese „bezeichnen in der Regel die [...] Unterstützung für Managementaufgaben (insbesondere Entscheidungsfindung) durch Informationssysteme“ [It18]. Die meisten Entwicklungen in diesem Bereich betreffen zurzeit die Pflanz –und Düngeplanung [Ta16] [SF93], die Kostenplanung [Sc15] oder den Bodenschutz [La04]. Die Systeme sollen dabei unterstützen, den Ertrag zu steigern oder Ressourcen einzusparen. Beides führt letztendlich zu einer Steigerung des Gewinns eines Betriebes.

Ein Bereich, der bisher weniger stark mit DSS unterstützt wird, ist der Maschineneinsatz eines Betriebes. Deutsche Betriebe haben 2017 durchschnittlich ca. 160 € pro Hektar und Jahr allein für Treibstoff ausgegeben [Ma17]. Wird eine nicht optimierte Maschinen-Anbaugeräte-Kombination eingesetzt, kann es zu einem um 26 % erhöhten Kraftstoffverbrauch kommen [To13]. Wird dieses mit den Treibstoffkosten sowie Miete und Unterhalt pro Jahr verrechnet, ist eine Einsparung schon für kleinere Betriebe ersichtlich: Dies setzt aber voraus, dass verschiedene Maschinen und Anbaugeräte für gleiche oder ähnliche Einsätze zur Verfügung stehen. Ein DSS könnte so gestaltet werden,

¹ Technische Universität Berlin, Straße des 17. Juni 144, 10117 Berlin, thoralf.stein@tu-berlin.de, tobias.henschel@campus.tu-berlin.de

dass eine optimale Kombination von beidem für jedes Feld und jede Maßnahme errechnet wird. Unter anderem wird diese Aufgabenstellung vom Projekt „Big Data im landwirtschaftlichen Prozess innovativ nutzen“ (BiDa-LAP) bearbeitet. Es hat die Entwicklung einer elektronischen Infrastruktur, bestehend aus einer Plattformarchitektur und mobilen Datenloggern, zum Ziel. Die Entwicklung soll zukünftig als operatives und strategisches Entscheidungsunterstützungssystem zu Verfügung stehen.

2 Material und Methoden

Das System zur Empfehlung einer Maschinen-Anbaugeräte-Kombination wird mittels aufgezeichneter Daten eines Betriebes in Sachsen sowie diverser öffentlich zugänglicher Datenbanken entwickelt. Dazu wird ein Modell, welches die benötigte Maschinenleistung anhand des zu erwartenden Fahrwiderstands abschätzt, entwickelt. Der Fahrwiderstand wird nach dem Vorgehen von Schreiber [Sc06] modelliert. Mit diesem Vorgehen ist eine Einbeziehung diverser Parameter möglich. Es werden vielfältige Eingangsgrößen hierfür benötigt, die aber aus den öffentlich zugänglichen Datenbanken ermittelt oder abgeschätzt werden können. Weiterhin sind die Daten des Maschinenparks erforderlich. Das Modell wird mittels der aufgezeichneten Daten, bei denen die eingesetzte Motorleistung bekannt ist, validiert. Ist die Validierung erfolgreich, kann das Modell für die Empfehlung eingesetzt werden. Das genaue Vorgehen wird im Folgenden erläutert:

2.1 Datenbanken

Die hier aufgezeigten Datenbanken werden zur Berechnung der Fahrwiderstände benötigt.

- Deutscher Wetterdienst (DWD): Der Wetterdienst bietet eine Vielzahl an Daten, die nicht nur Wetterstationen beinhalten, sondern auch interpolierte quadratische Gitternetze mit 1 km Kantenlänge, die anhand der Daten der Stationen berechnet werden. Für den Fahrwiderstand werden die Bodenfeuchtigkeiten und die Niederschlagsmenge benötigt.
- Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR): Mit den Radarsatelliten der Mission TanDEM-X wird ein hochgenaues, digitales 3D-Abbild der Erde aufgezeichnet. Es werden präzise Höhendaten in einem 12-m-Raster für die gesamte Erde gesammelt und in ein einheitliches Kartenmaterial überführt. Für das Fahrwiderstandsmodell kann mittels der Höhendaten der Steigwiderstand ermittelt werden.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR): Die BGR bietet umfassende Bodenkartierungen verschiedener Genauigkeiten an oder stellt Verbindung zu den Landesämtern her. Für das Modell wird die Bodenart mit dazugehörigen Sand-, Ton- und Schluffanteilen benötigt.

2.2 Berechnung Fahrwiderstand

Das Vorgehen nach Schreiber zur Bestimmung der benötigten Motorleistung P_{Motor} berücksichtigt eine Vielzahl an Einflüssen. Die Bestandteile werden im Folgenden erläutert.

$$P_{Motor} = P_{Fahr} + W_{Neben_m} \cdot \frac{m_1}{A} \cdot b_G \cdot v + P_{Neben_bt} \cdot t_G \cdot b_G + P_{Neben_b} \cdot b_G \quad (1)$$

Die Fahrleistung P_{Fahr} wird mittels des Getriebemodells errechnet. Darin fließen der Wirkungsgrad g_1 und die Art des Getriebes (hydraulisch/mechanisch) sowie die Nabenleistung P_{Nabe} und die Nennleistung P_{Nenn} des Traktors ein.

$$P_{Fahr} = \frac{P_{Nabe}}{g_1} + P_{Nenn} \cdot g_2 \quad (2)$$

Die Nabenleistung P_{Nabe} ist die benötigte Leistung am Rad und wird mit dem Antriebsstrangmodell berechnet. In dieses fließen die Zugkraft F_{Zug} , die Gewichtskraft F_G , der Rollwiderstandsbeiwert ρ sowie der Schlupf σ , der Steigungswiderstand F_{Steig} und die Fahrgeschwindigkeit v ein.

$$P_{Nabe} = (F_{Zug} + F_G \cdot \rho + F_{Steig}) \cdot \frac{v}{1-\sigma} \quad (3)$$

Die Zugkraft F_{Zug} wird mittels des Gerätemodells nach ASAE Standard 497.4 berechnet, in welches die Daten der Bodenkartierung der BGR und der Bodenfeuchtigkeitsberechnung des DWD einfließen. Auch die Geräteart, Geometrie und Arbeitstiefe werden berücksichtigt. Der Rollwiderstandsbeiwert ρ wird anhand des Reifen-Boden- sowie des Radlastmodells bestimmt. In das Reifen-Boden-Modell fließen die Bodendaten sowie die Reifenabmessungen ein. Im Radlastmodell werden die Gewichte von Fahrzeug und Anbaugerät sowie die Lasten der antreibenden Achsen berücksichtigt. Der Steigungswiderstand F_{Steig} wird mittels der Gewichtskraft und der Steigung berechnet. Diese kann anhand der Höhenkartierung vom DLR bestimmt werden. Der zu erwartende Schlupf wird mittels des abgeschätzten Bodenzustandes sowie aus dem Verhältnis von Zugkraftbedarf und Gewichtskraft der Maschine grob ermittelt. Alle Modelle und Berechnungen können in diesem Rahmen nicht genauer erläutert werden.

Die mengenabhängige Arbeit W_{Neben_m} , der breiten- und tiefenabhängige Leistungsbedarf P_{Neben_bt} und rein breitenabhängige Leistungsbedarf P_{Neben_b} werden nach Schreiber mittels einer Vereinfachung, die die Art des Gerätes sowie die Bodenart berücksichtigt, bestimmt. Der Einfluss auf die Motorleistung ist dabei auch abhängig von der Arbeitsbreite b_G und der Arbeitstiefe t_G des Geräts.

Nach der Abschätzung der Motorleistung kann diese mit der tatsächlich abgerufenen Leistung der Maschine validiert werden. Stimmen die Leistungen ausreichend überein, kann das Modell zur Abschätzung des Leistungsbedarfs und somit zur Maschinen- und Anbaugeräte-Empfehlung genutzt werden.

3 Ergebnisse

Die Qualität der Datenbanken und des daraus resultierenden Modells kann auf verschiedenen Wegen untersucht werden. Dabei muss das Modell in jedem berechneten Punkt nicht hochgenau sein, sondern es genügt die korrekte Abbildung des Leistungsbedarfs des geplanten Einsatzes.

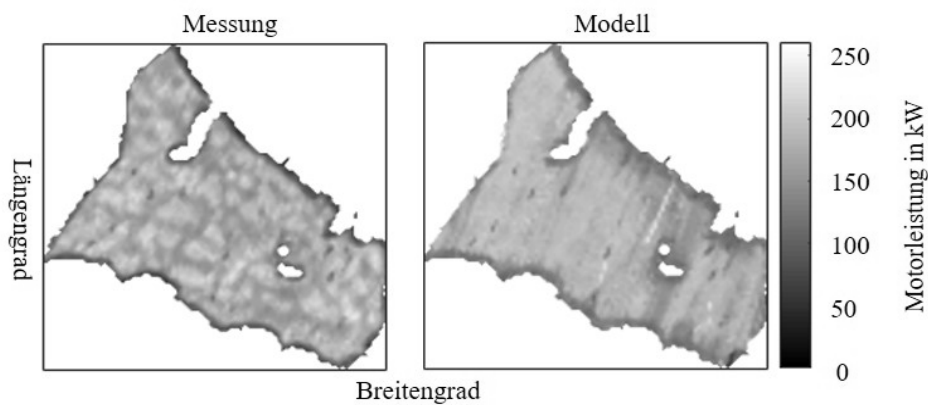


Abb. 1: Lastkartierung für eine Pflugarbeit in kW. Links Messung, rechts Modell

In Abb. 1 ist eine Lastkartierung für eine Bodenbearbeitung mit dem Pflug dargestellt. Es sind Unterschiede zwischen Realität und Modell zu erkennen. Dies kann auf eine Vielzahl von Faktoren zurückzuführen sein, die in Abschnitt 4 diskutiert werden. Jedoch zeigt die Verteilung der Motorlastbereiche in Abbildung 2, dass der Leistungsbedarf sehr ähnlich ausfällt. Nur die Abweichungen im Bereich zwischen 150 kW und 200 kW sind sehr deutlich. Für andere Testdaten zeigt das Modell ähnliche Ergebnisse. Auch bei diesen ist die Abschätzung meist etwas leistungsintensiver als die Messung.

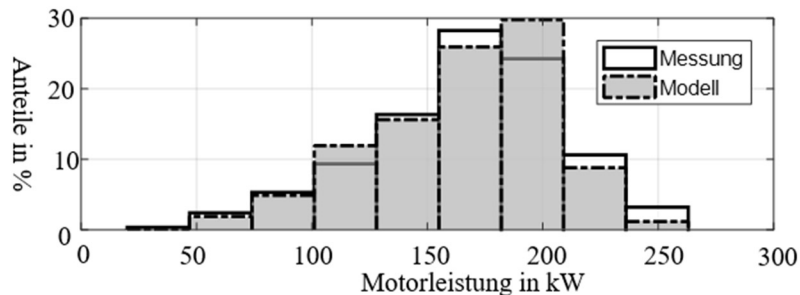


Abb. 2: Verteilung der Lastbereiche von Messung und Modell bei einer Bodenbearbeitung

4 Diskussion und Fazit

Das demonstrierte Vorgehen zur Leistungsabschätzung zeigt vielversprechende Ergebnisse in der ersten Validierung. Die Abweichungen in den mittleren und oberen Leistungsbereichen haben verschiedene Ursachen, die im Folgenden besprochen werden.

4.1 Datenbanken

Die Qualität der Datenbanken spielt eine erhebliche Rolle für das Ergebnis des Modells. Der DWD und das DLR bieten eine gute Abdeckung für die bezogenen Daten an, Schwächen gibt es noch bei der Bodenkartierung von der BGR. Diese sind sehr unterschiedlich in ihren Rastergrößen und Genauigkeiten je nach Bundesland und Gebiet. Dies hat einen erheblichen Einfluss auf das Modellergebnis, da der Tongehalt, der in Deutschland hauptsächlich zwischen 0 und 20 % liegt [Dü07], das Ergebnis um 15 % verändern kann. Dieses Problem könnte mittels Messungen auf den Betrieben gelöst werden, ist aber mit einigem Aufwand und Kosten verbunden.

Weiterhin stellt die Eingabe von Maschinenparametern eine zeitaufwendige Aufgabe dar. Hierfür konnte noch keine Datenbank erschlossen werden, es müssen alle relevanten Parameter aus den Datenblättern der Hersteller entnommen werden.

4.2 Maschinen- und Geräteeinstellungen

Die Maschinen- und Geräteeinstellungen haben ebenfalls einen massiven Einfluss auf das Ergebnis des Modells und werden bisher nur abgeschätzt. Signifikante Faktoren dabei sind vor allem die Arbeitstiefe t_G und der eingestellte Reifendruck. In der Abschätzung werden konstante Durchschnittswerte und Empfehlungen verwendet, bei jedem Anwender können diese aber variieren. Auch schwankt die Arbeitstiefe aufgrund von Unebenheiten während der Fahrt. Für den Anwendungsfall sollte in der Zukunft eine Maske für den Benutzer vorgesehen werden, in der dieser entsprechende Parameter vor der Empfehlung eingeben kann. Weiterhin ist nicht bekannt, wann das Gerät aus dem Boden gehoben wird, wodurch es zu erheblichen Unterschieden in den Randbereichen der Lastkartierung kommt.

4.3 Fazit und Ausblick

Das Vorgehen zur Empfehlung einer Maschinen-Geräte-Kombination zeigt, dass allein die Nutzung von öffentlichen Datenbanken und Informationen zu dem Maschinenpark eines Betriebes zu einem optimierten Maschineneinsatz führen kann.

Es könnten zukünftig auch weitere Anwendungsfälle mit dem Modell untersucht werden, da nicht jeder Betrieb verschiedene Anbaugeräte zur Auswahl hat. Mittels des Modells kann untersucht werden, ob für einen Arbeitsgang die optimalen Einstellungen gewählt

worden sind. Der Anwender kann dahingehend informiert werden, ob eine Zeit- oder Kostenersparnis vorhanden wäre. Dies könnte mithilfe von mobilen Datenloggern und Endgeräten sogar während des Arbeitsgangs errechnet werden.

Auch könnten Betriebe beim Neukauf eines Schleppers durch Modelle unterstützt werden. Für typische Arbeiten könnte der Leistungsbedarf bestimmt und anhand dessen die Leistungsklasse der Neuanschaffung empfohlen werden.

Weitere Feldversuche finden im Jahr 2019 statt und werden zeigen, wie gut sich das Modell tatsächlich zur Empfehlung von Maschine und Anbaugerät eignet.

Das Projekt BiDa-LAP wird vollständig vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft gefördert.

Literaturverzeichnis

- [Dü07] Düwel, O.; Siebner, C. S.; Utermann, J.; Krone, F.: Bodenarten der Böden Deutschlands.
https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Produkte/Schriften/Downloads/Bodenarten_Bericht.pdf?__blob=publicationFile, 30.10.2018.
- [It18] Ittershagen, M.: Entscheidungsunterstützungssystem (EUS).
<https://www.umweltbundesamt.de/entscheidungsunterstuetzungssystem-eus>, 15.10.2018.
- [La04] La Rosa, D. de; Mayol, F.; Diaz-Pereira, E.; Fernandez, M.: A land evaluation decision support system (MicroLEIS DSS) for agricultural soil protection. In *Environmental Modelling & Software*, 2004, 19; S. 929-942.
- [Ma17] Maul, A.: Buchführungsergebnisse der Testbetriebe Landwirtschaft 2016/17.
https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/user_upload/monatsberichte/BFT-1100001-2017.pdf, 15.10.2017.
- [Sc06] Schreiber, M.: Kraftstoffverbrauch beim Einsatz von Ackerschleppern im besonderen Hinblick auf CO₂-Emissionen. Dissertation, Hohenheim, 2006.
- [Sc15] Scott, J.; Ho, W.; Dey, P. K.; Talluri, S.: A decision support system for supplier selection and order allocation in stochastic, multi-stakeholder and multi-criteria environments. In *International Journal of Production Economics*, 2015, 166; S. 226-237.
- [SF93] Smaling, E.; Fresco, L.: A decision-support model for monitoring nutrient balances under agricultural land use (NUTMON). In *Geoderma*, 1993, 60; S. 235-256.
- [Ta16] Tayyebi, A.; Meehan, T. D.; Dischler, J.; Radloff, G.; Ferris, M.; Gratton, C.: SmartScape™: A web-based decision support system for assessing the tradeoffs among multiple ecosystem services under crop-change scenarios. In *Computers and Electronics in Agriculture*, 2016, 121; S. 108-121.
- [To13] Toll, C. v.: Energieorientierte Analyse der Landmaschinenteknik. Untersuchung zur maschinenrelevanten Energiebilanzierung in der Getreideproduktion mit Erfassung von CO₂-Einsparpotenzialen. Dissertation, Berlin, 2013.

Planung und Entwicklung einer mobilen, autonomen Roboterplattform für pflanzenbauliche Anwendungen

Entwicklung eines Softwarekonzepts für einen mobilen Roboter unter Verwendung des freien Pakets ROS – navigation stack

Georg Supper¹, Christian Aschauer¹, Andreas Gronauer¹ und Norbert Barta¹

Abstract: In den Agrarwissenschaften wird ausgehend von Industrie 4.0 an der Digitalisierung der Landwirtschaft gearbeitet. Mehrere Forschungsarbeiten beschäftigen sich daher mit der Entwicklung von Robotern für eine Vielzahl von landwirtschaftlichen Arbeitsprozessen. Ein großes Problem in der Robotik ist die Sicherheit in der Mensch-Maschinen-Interaktion. Hier bietet das Projekt Urban Cyber Farming-Laboratory (UrbFarmLab) eine Plattform, um kollaborative Anwendungen mit einem mobilen Roboter in einer sicheren Umgebung zu testen. Dafür wird ein mobiles Roboterfahrzeug mit einem Roboterarm entwickelt und mit Laserscanner, GPS, Encodern und Sicherheitstechnik ausgestattet. Als Software wird die freie Software des Roboter Operating Systems (ROS) verwendet. Das Paper beschreibt die Entwicklung eines Softwarekonzepts unter Verwendung der ROS-Software „navigation stack“.

Keywords: Robotik, ROS, Automatisierung, Landwirtschaft, Digitalisierung

1 Einleitung

Die Automatisierung hat die Produktivität der landwirtschaftlichen Maschinen durch die Steigerung der Effizienz, Zuverlässigkeit und Präzision erheblich erhöht und die Notwendigkeit menschlicher Eingriffe verringert [BV16]. Der Technologietransfer in der Robotik von der Industrie hin zur Anwendung in der Landwirtschaft und die Entwicklung von autonomen, intelligenten Systemen werden als wesentlich für die Verbesserung der Arbeitseffizienz angesehen und umfassen das Potenzial zur Verbesserung der Qualität von Produkten, Senkung der Produktionskosten und Verringerung von Handarbeit. [Re16] In der Forschung wird daher intensiv an der Entwicklung landwirtschaftlich genutzter Roboter für eine Vielzahl von Anwendungen, wie zum Beispiel für die Saat, den Pflanzenschutz, die Unkrautkontrolle und die Ernte, gearbeitet. [BV17]

Die Robotik befindet sich derzeit in einem fundamentalen Paradigmenwechsel, sowohl in der Forschung als auch in praktischen Anwendungen. Nachdem sie in den letzten Jahrzehnten von positionsgesteuerten, starren Robotern für typische

¹ Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Landtechnik, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien,
georg.supper@boku.ac.at

Automatisierungsaufgaben wie Positionierung und Wegverfolgung in verschiedenen Anwendungen dominiert wurde, hat sich eine neue Generation von Robotern in der Landwirtschaft etabliert [Sp15]. Die Autonomie wurde in verschiedenen Bereichen auf unterschiedliche Weise konzeptualisiert. In der Mensch-Maschine-Interaktion wurde zum Beispiel die Autonomie weitgehend als eine Zuweisung von Funktionen zwischen einem Menschen und einem Roboter erklärt. Daraus abgeleitet gibt es zwei Ansätze, die Autonomie konzipieren. Einerseits erfordert höhere Roboterautonomie weniger häufige Interaktion und andererseits höhere Ebenen oder komplexere Formen der Interaktion [Th04].

Ein großes Sicherheitsproblem bei der Mensch-Maschine-Interaktion ist im Zusammenhang mit jeder Art von autonomer Navigation verbunden. RTK-GPS-basierte Navigationssysteme bestimmen die Position eines Fahrzeuges auf wenige cm genau und für viele Anwendungen in der Landwirtschaft sind grobe Karten verfügbar. Diese Systeme liefern keine Informationen über die „Dynamik“ der Umgebung. Karten können Fehler enthalten, welche durch die Veränderungen von Menschen oder der Natur verursacht wurden. Außerdem enthält die Karte keine Informationen über sich bewegende Objekte (z. B. Menschen, Tiere und Fahrzeuge), welche in einem Gebiet vorhanden sind [Re16].

Der Bedarf an Forschung zur Mensch-Maschine-Interaktion in der Robotik ist groß. Der Einfluss von menschlichen Faktoren kann durch ein besseres Verständnis in den Computerwissenschaften (künstliche Intelligenz) und durch neue Sensortechnik verstanden werden [Sh16].

Das Projekt Urban Cyber Farming-Laboratory (UrbFarmLab) beschäftigt sich mit der Produktion von landwirtschaftlichen Erzeugnissen, welche durch autonome Roboter unterstützt wird. Das UrbFarmLab besteht aus einer mobilen Robotereinheit, welche mit einem Greifer diverse Arbeitsaufgaben an mehreren Pflanzmodulen erledigt und die dafür notwendigen Werkzeuge aus einer Basisstation bezieht. Dieses Setting stellt einen Übergangsbereich zwischen kontrollierter Laborumgebung und dem Freiland dar. Es bietet die Möglichkeit, kollaborative Anwendung im Urban Farming oder im Gartenbau im kleinen Maßstab zu testen.

Der Schwerpunkt dieses Papers liegt in der Beschreibung eines Softwarekonzepts zur autonomen Navigation des mobilen Roboters, welches mit dem Open-Source-Programm ROS – navigation stack arbeitet. Das Ziel ist es, ein intelligentes und vollautonomes Fahrzeug zu steuern, welches in semistrukturierten oder unstrukturierten dynamischen Umgebungen, in denen Menschen, Tiere und andere Maschinen vorkommen, sicher navigiert und verschiedene Arbeits- und Servicepositionen anfährt. Die Herausforderung besteht in einem flexiblen Einsatz in unterschiedlichen Urban-Gardening-Anlagen. Für den Transport und einen flexiblen Einsatz resultiert eine einfache, kompakte und wendige Konstruktion des Roboters.

2 Material und Methode

2.1 Roboterarchitektur

Der Einsatzraum der mobilen Roboterplattform ist das Umfeld des Urban-Gardening. Um einen Transport zwischen verschiedenen Anlagen zu vereinfachen, hat der entwickelte Roboter eine Breite von 850 mm, eine Länge von 1.100 mm und ein Gewicht von 250 kg. Das Chassis besteht aus einer Stahl-Schweiß-Konstruktion. Ein elektrisches Antriebskonzept, wie in der Abb. 1 dargestellt, minimiert die Umweltbelastungen. Ein Motorcontroller (Roboteq HDC 2460) steuert die zwei Antriebsräder vorne, mit welchen über eine Drehzahlregelung die Lenkung realisiert wird. Am Heck befinden sich zwei frei drehbare Räder. Die Roboterplattform soll durch ihre technische Ausstattung in einer beliebigen Umgebung eingesetzt werden und sich in dieser zurechtfinden. Um eine autonome Navigation zu ermöglichen, sind an den Antriebswellen jeweils ein Quadraturencoder (ifm electronic RVP510), ein DGPS-Empfänger (Emlid Reach M+) und ein Laserscanner (Velodyne VLP 16) vorgesehen. Um Arbeitsaufgaben zu erledigen, bietet der Roboter eine Schnittstelle für einen Roboterarm (Universal Robots UR10). Dieser Roboterarm kann mit unterschiedlichen Werkzeugen vielfältige Aufgaben erledigen. Als Rechner steht ein In-Vehicle-PC mit ROS zur Verfügung. Im Gegensatz zu einem industriellen Setting soll der Roboter in einem begrenzten Gebiet frei navigieren. Um die notwendige Sicherheit für Menschen im Betrieb zu gewährleisten, verfügt der Roboter über 2 Not-Aus-Taster, 2 Sicherheitslaserscanner (Sick S30B) und Sicherheitskontaktpuffer am Chassis, sowie über einen Funk-Not-Aus, um die Motoren des Roboters in seiner Bewegung zu stoppen.

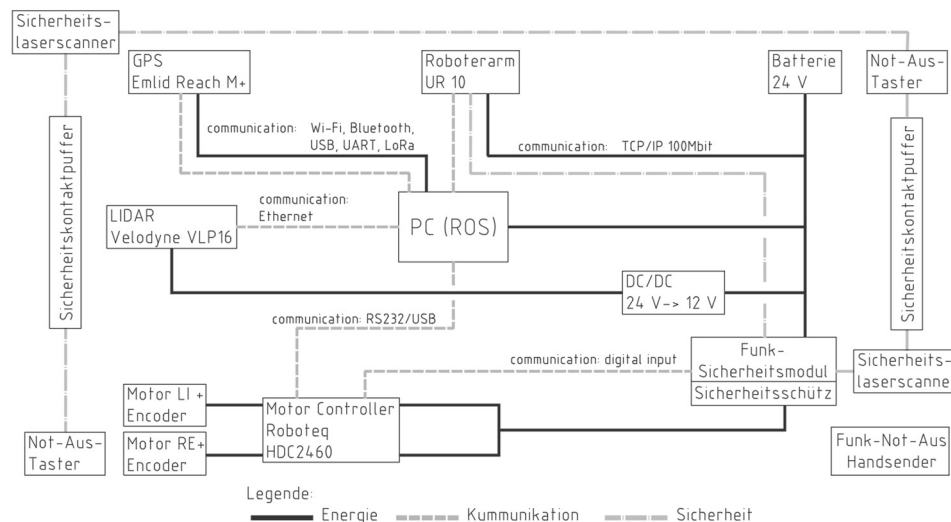


Abb. 1: Hardwarekonzept der Roboterplattform

2.2 Roboter Operating System (ROS)

ROS ist ein Framework zum Schreiben von Software für Roboter. Es handelt sich um eine Sammlung von Tools, Bibliotheken und Konventionen, die darauf abzielen, die Aufgabe zu vereinfachen, ein komplexes und robustes Roboterverhalten über eine Vielzahl von Roboterplattformen hinweg zu erstellen. ROS wurde von Grund auf entwickelt, um die kollaborative Robotik-Softwareentwicklung zu fördern [Ma16].

Die wesentlichen Merkmale sind, dass ROS eine peer-to-peer, werkzeuggestützte, mehrsprachige, leichte und frei Open-Source-Software ist. Das grundsätzliche Konzept von ROS sind Nodes, messages, topics und services [Qu09].

3 Ergebnis

3.1 Softwarekonzept

Das Softwarekonzept, wie in Abb. 2 dargestellt, basiert auf der freien Software ROS navigation stack, welches um Nodes weiterer freier Software und eigene Entwicklungen erweitert wird. Das „move base“-Paket beinhaltet die wichtigsten Schnittstellen für die autonome Navigation von Robotern und ermöglicht einfache Erweiterungen [Ma16].

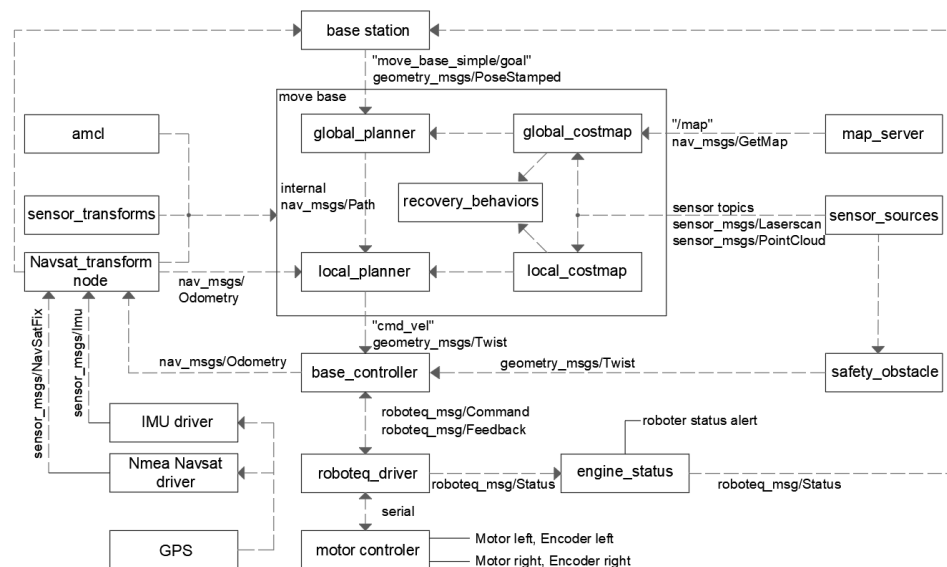


Abb. 2: Softwarekonzept des mobilen Roboters mit dem ROS – navigation stack als Basisprogramm (modifiziert nach [Ma16])

Das Navigationsziel sind die verschiedenen Arbeits- und Servicepositionen, sie werden von einer übergeordneten Basisstation an den Roboter übermittelt. Eine Karte des aktuellen Einsatzgebietes unterstützt die Software bei der Navigation durch die Berücksichtigung von bekannten Hindernissen [Ro18]. Um eine autonome Navigation zu ermöglichen, ist in der mobilen Robotik die Kenntnis der aktuellen Position eine wichtige Fragestellung [Th01].

In der verwendeten kartenbasierten Positionsbestimmung spielt der Laserscanner eine wichtige Rolle. Mit Hilfe der Daten eines Laserscanners, eines „range finders“-Modells und einer Karte der Umgebung wird eine Positionsschätzung ermittelt [Th05]. Als zusätzliche Information der Positionsschätzung werden Odometrie-Daten der Antriebsräder, welche durch das GPS-System ergänzt werden, um eine Navigation im Freifeld zu ermöglichen, integriert. Diese Sensorfusion wird durch das „Navstat transform“-Node errechnet [Mo18]. Mit Hilfe der „Adaptive Monte Carlo Localisation“ wird aus den Daten eine Positionsschätzung ermittelt [Th01].

Aus dieser Positionsschätzung und dem Navigationsziel wird im „move_base“-Paket durch einen „global-planner“ ein Pfad errechnet. Ein „local-planner“ übernimmt das „path-following“ und errechnet die Vorfahrtgeschwindigkeit sowie eine Winkelgeschwindigkeit der z-Achse des Roboters. Die Geschwindigkeits-Information wird als ROS-Topic „geometry_msg/Twist“ vom „move_base“-Paket gesendet [Ma16] [Ro18]. Das „base_controller“-Paket errechnet aus diesen Geschwindigkeiten und dem kinematischen Modell des Antriebkonzeptes die Drehzahl der Antriebsräder, übergibt die Antriebsinformation mittels Motortreiber-Node an den Motorcontroller, regelt die Drehzahl mittels PID-Reglers und errechnet aus dem Feedback der Motoren eine Odometrie-Information.

Um das Sicherheitsrisiko beim Betrieb zu minimieren, sind Informationen über die Umgebung durch die Laserscanner notwendig. Werden nicht kartierte Hindernisse erfasst, passt der „local_planner“ den Pfad entsprechend an. Zusätzlich errechnet das „safety_obstacle“-Node mit Hilfe der Laserscanner einen softwareüberwachten Raum. Befindet sich ein Objekt im geschützten Raum, wird darauf durch eine Geschwindigkeitsminderung reagiert.

4 Ausblick

Im nächsten Schritt werden die Navigationsgenauigkeit und die Hinderniserkennung mit dem beschriebenen Roboter-Setting in einer dynamischen Umgebung evaluiert. In weiterer Folge dient der Roboter mit dem Urban Cyber Farming-Laboratory als Forschungsplattform zum Testen von Sensoren und Sicherheitstechnik und für die Entwicklung von kollaborativen Robotikanwendungen im Gartenbau und darauf aufbauend für weitere landwirtschaftliche Anwendungen.

Literaturverzeichnis

- [BV16] Bechar, A. & Vigneault, C. 2016. Agricultural robots for field operations: Concepts and components. *Biosystems Engineering*, 149, 94-111.
- [BV17] Bechar, A. & Vigneault, C. 2017. Agricultural robots for field operations. Part 2: Operations and systems. *Biosystems Engineering*, 153, 110-128.
- [De14] Deutsches Institut für Normung, 2014. Roboter und Robotikgeräte - Sicherheitsanforderungen für persönliche Assistenzroboter. DIN EN ISO 13482:2014-11.
- [Ma16] Mahtani, A., Sanchez, L., Fernandez, E. & Martinez, A. 2016. *Effective Robotics Programming with ROS*, Packt Publishing.
- [Mo18] Moore, T. 2018. robot_localization [Online]. http://wiki.ros.org/robot_localization. [Accessed 2018-10-30].
- [Qu09] Quigley, M., Conley, K., Gerkey, B. P., Faust, J., Foote, T., Leibs, J., Wheeler, R. & NG, A. Y. 2009. ROS: an open-source Robot Operating System. ICRA Workshop on Open Source Software.
- [Re16] Reina, G., Milella, A., Rouveure, R., Nielsen, M., Worst, R. & Blas, M. R. 2016. Ambient awareness for agricultural robotic vehicles. *Biosystems Engineering*, 146, 114-132.
- [Ro18] ROS. 2018. navigation tutorial [Online]. <http://wiki.ros.org/navigation/Tutorials>. [Accessed 2018-10-30].
- [Sh16] Sheridan, T. B. 2016. Human-Robot Interaction: Status and Challenges. *Human Factors*, 58, 525-532.
- [Sp15] SPARC. 2015. Robotics 2020 Multi-Annual Roadmap – For Robotics in Europe [Online]. <http://sparc-robotics.eu/wp-content/uploads/2014/05/H2020-Robotics-Multi-Annual-Roadmap-ICT-2016.pdf>. [Accessed].
- [Th04] Thrun, S. 2004. Toward a framework for human-robot interaction. *Hum.-Comput. Interact.*, 19, 9-24.
- [Th05] Thrun, S., Burgard, W. & Fox, D. 2005. *Probabilistic Robotics (Intelligent Robotics and Autonomous Agents)*, The MIT Press.
- [Th01] Thrun, S., Fox, D., Burgard, W. & Dallaert, F. 2001. Robust Monte Carlo localization for mobile robots. *Artif. Intell.*, 128, 99-141.

Überbetrieblicher Einsatz eines Sensorsystems zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung

Eine Fallstudie aus einer kleinstrukturierten Agrarregion

Beat Vincent¹, Maria Maidl², Stefanie Münster², Markus Gandorfer¹

Abstract: Für eine einzelbetriebliche Investition sind Stickstoffsensoren für kleinere Betriebe aufgrund des hohen Investitionsbedarfs wirtschaftlich nur schwer darzustellen. Als Lösung für dieses Problem wurden eine gemeinschaftliche Nutzung der Technik und ihre Auswirkungen auf verschiedene Aspekte wie die Arbeitsorganisation und das Düngemanagement untersucht. Dabei wurden in mehreren Stufen leitfadengestützte Interviews zur Betriebsorganisation sowie der Management- und Umwelteinstellung der teilnehmenden Landwirte durchgeführt, um die Potenziale der gemeinschaftlichen Nutzung dieses Precision-Farming-Ansatzes identifizieren zu können. Die Ergebnisse zeigten eine hohe Bereitschaft aller Beteiligten für die kooperative Maschinennutzung. Der Sensor eignet sich außerdem sehr gut zum Einsatz im Rahmen einer Maschinengemeinschaft, da das Konfliktpotenzial (übermäßige Nutzung, Verschleiß, Bruch) niedrig und der Aufwand für den Tausch zwischen den Betrieben gering waren. Die statt des Kalibrierens auf die Pflanzenentwicklung notwendige Parametrisierung von agronomischen Variablen (erwartetes Ertragsniveau, N-Nachlieferung aus dem Boden) zur richtigen Bemessung der teilflächenspezifischen N-Gaben im absoluten Düngesystem bei Weizen führte bei den Landwirten teils zu großen Anwendungsunsicherheiten, denen durch professionelle Beratung begegnet werden muss.

Keywords: N-Düngung, Precision Farming, Teilflächenspezifische Düngung, Fernerkundung, Anwenderfreundlichkeit, Akzeptanzhemmnisse

1 Einleitung

Die teilflächenspezifische N-Düngung wird als ein Instrument zur Erhöhung der N-Effizienz in der Landwirtschaft gesehen [Hü07; MSH04]. Für eine einzelbetriebliche Investition in die Technik sind besonders Stickstoffsensoren für kleinere Betriebe jedoch aufgrund des hohen Investitionsbedarfs wirtschaftlich oft nur schwer darzustellen [LNT17]. Als Lösung für dieses Problem sollen eine gemeinschaftliche Nutzung der Technik sowie ihre Auswirkungen auf verschiedene Aspekte wie beispielsweise auf das Düngemanagement von Landwirten untersucht werden. Ein gemeinschaftlicher (überbetrieblicher) Einsatz der Technologie kann sich allerdings insbesondere bei der

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising, beat.vincent@lfl.bayern.de

² Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Alte Akademie 1, 85354 Freising

Düngung z. B. aufgrund verschiedener Spurweiten, aber auch aufgrund enger Zeitfenster aus organisatorischer Sicht als besonders herausfordernd in der Umsetzung gestalten.

Schließlich wird angenommen, dass sich die Anwender durch die neue Technologie intensiver mit der Düngung in ihren Betrieben auseinandersetzen (edukativer Effekt). Zudem wird erwartet, dass sich aus dem Kooperationsverbund eventuell Landwirte herauskristallisieren, die die Düngung zukünftig überbetrieblich für andere Mitglieder ausführen. Dadurch könnte es zu einer Steigerung der Anwendungssicherheit durch ein höheres Know-how und zu weiteren N-Einsparungen kommen.

2 Material und Methoden

2.1 Beschreibung der Praxisbetriebe

Zur Überprüfung der Forschungsfragen wurde auf fünf benachbarten Marktfruchtbetrieben unter süddeutschen Standortbedingungen ein Stickstoffsensor erstmalig im Jahr 2018 eingesetzt. Alle Betriebe werden als Familienbetriebe mit einer Flächenausstattung zwischen 60 und 140 ha im Haupterwerb und ein bis zwei Arbeitskräften geführt (Alter der Betriebsleiter 25-55 Jahre). Das Untersuchungsgebiet mit überwiegend flachgründigen Böden im Übergangsbereich des Tertiären Hügellandes (Schlaggröße ca. 3-5 ha) ist dabei als intensiv bewirtschaftet anzusehen. Als Folge daraus befinden sich die Untersuchungsbetriebe in einem ökologischen Spannungsfeld mit zunehmender Gefahr von N-Austrägen aus dem Oberboden.

2.2 Etablierter Ansatz zur überbetrieblichen sensorgestützten teilflächenspezifischen N-Düngung auf den Praxisbetrieben

Das auf den Praxisbetrieben etablierte Verfahren zur überbetrieblichen sensorgestützten teilflächenspezifischen N-Düngung wurde nach dem Ansatz „online + map overlay“ durchgeführt, wobei das historische Ertragspotenzial der Teilflächen berücksichtigt wurde. Die Basis für den Mapping-Ansatz lieferten durch Fernerkundung gewonnene, mehrjährige Biomassekarten, die die relativen Unterschiede der Biomasseaufwüchse innerhalb eines Feldes widerspiegeln. Dieses teilflächenspezifische Wachstumspotenzial wurde im Fall von Winterweizen mit einem Düngealgorithmus in ein absolutes Ertragspotenzial überführt und mit den aktuellen Sensormesswerten der N-Versorgung des Pflanzenbestandes verrechnet, woraus sich letztlich die Höhe der zu applizierenden N-Menge ableitete. Die Ertragserwartung sowie die Höhe des aus dem Boden mineralisierten Stickstoffs stellten dabei wichtige Parameter dar, die vor der Düngung vom Landwirt selbst festzulegen waren.

Da einer der Landwirte keinen Winterweizen anbaute, wurde der Sensor hier ohne Absolutdüngesystem bei Dinkel eingesetzt. Die zu applizierende N-Gabe wurde dabei

ebenso schlagspezifisch selbst bestimmt und an der durchschnittlichen Bestandesentwicklung mithilfe einer kurzen Messtrecke im Schlag kalibriert.

2.3 Betriebsleiterbefragungen

Vor Beginn der Vegetationsperiode wurden durch einen Fragebogen einzelbetriebliche Daten gesammelt, um aufbauend auf den bestehenden Strukturen und Einstellungen der Landwirte mögliche Organisationsformen für die angestrebte Maschinenkooperation zu entwickeln. Nach der ersten sensorgestützten Düngung (zweite N-Gabe bei Winterweizen) wurde durch ein zusätzliches leitfadengestütztes Betriebsleiterinterview (Interviewdauer ca. 2 Stunden pro Betrieb) erfasst, welche Einstellung die Betriebsleiter zum N-Management und zur gemeinschaftlichen Maschinennutzung haben. Es wurden auch Fragen zur Arbeits- sowie zur Umwelteinstellung der Landwirte gestellt, um diesbezüglich mögliche Effekte durch die Anwendung des Precision-Farming-Ansatzes besser einordnen zu können. Ein weiterer Betriebsbesuch wurde zur zweiten sensorgestützten N-Düngung (dritte N-Gabe bei Winterweizen) durchgeführt. Hierbei stand ein Monitoring zur Anwenderfreundlichkeit der Technologie im Fokus. Die Befragungen der Landwirte wurden mittels eines teilstandardisierten Fragebogens durchgeführt [Ma09]. Der Großteil der Fragen wurde offen gestellt, um den Landwirten die Möglichkeit zu geben, ihre Meinungen und Erfahrungen ausführlich zu kommunizieren. Die übrigen Fragen wurden mithilfe von fünfstufigen Likert-Skalen gestellt, um Einschätzungen besser darstellen und vergleichen zu können [RB10].

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Triebfedern für den Einsatz der sensorgestützten N-Düngung

Die Analyse der leitfadengestützten Betriebsleiterinterviews zeigte eine hohe Akzeptanz der Betriebsleiter gegenüber der modernen Technik und macht eine hohe Motivation zur Prozessoptimierung im Pflanzenbau deutlich. Allerdings waren klassische ökonomische (z. B. Reduzierung der Stickstoffkosten) und ökologische Aspekte nur untergeordnet Triebfedern für den Sensoreinsatz. Vielmehr waren es agronomische Überlegungen für ein bestmögliches Arbeitsergebnis – auch in Bezug auf zukünftige Anwendungsgebiete abseits der N-Düngung, die für die Erprobung der sensorgestützten N-Düngung sprachen. Bestehende Maschinenkooperationen – ob erfolgreich oder nicht – spielten dabei keine Rolle zugunsten der getroffenen Entscheidungen. Die Gründe für diese Entscheidungsprozesse sind demnach in der starken Produktionsorientierung der Pilotbetriebe zu suchen, um abseits nicht zu beeinflussender Faktoren wie Standort und Witterung Ertrags- und Qualitätsrisiken zu minimieren.

3.2 Wahl der Organisationsform

Die in Abb. 1 dargestellte Break-Even-Analyse illustriert, dass es für keinen der fünf Pilotbetriebe möglich wäre, die Gewinnschwelle bei der sensorgestützten teilflächenspezifischen N-Düngung zu erreichen. Der Break-Even-Analyse liegt dabei vereinfacht ein Investitionsbedarf von 30.000 € für die Sensortechnologie sowie ein Zinssatz von 4 % bei einer Nutzungsdauer von acht Jahren zugrunde. Der Vorteil durch teilflächenspezifische N-Düngung wird mit 16 € ha⁻¹ angenommen [SW08]. Selbst wenn dieser auf 32 € ha⁻¹ verdoppelt wird, so wird aus Abb. 1 deutlich, dass noch immer die drei größten Pilotbetriebe kooperieren müssten, um die Gewinnschwelle zu überschreiten. Die gemeinschaftliche Nutzung der Technologie ist damit aus ökonomischen Überlegungen zentral. Es stellt sich dabei jedoch die Frage nach der Organisationsform.

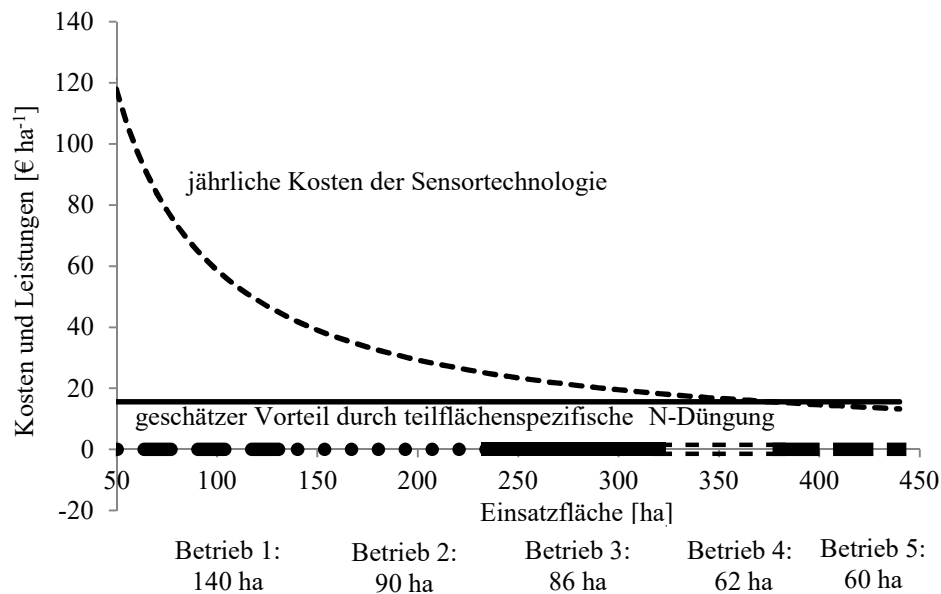


Abb. 1: Break-Even-Analyse

Die genaue Art der Organisationsstruktur für die gemeinschaftliche Sensornutzung wurde zu Beginn des Pilotprojekts bewusst nicht festgelegt. Würde die Düngung von einem Landwirt für andere durchgeführt, so hätte dies den Vorteil, dass es durch Spezialisierung zu einem hohen Know-how bei diesem Landwirt kommen würde, von dem alle Pilotbetriebe profitieren könnten. Allerdings wäre aufgrund unterschiedlicher Spurweiten teilweise mit Ertragsverlusten bei anderen Pilotbetrieben zu rechnen. Zu Projektbeginn kristallisierte sich bezüglich der Organisationsformen schnell die Variante heraus, bei der jeder Landwirt selbst die Sensortechnologie nutzt, obwohl sie nach

Schätzung der Betriebsleiter zu einer zunehmenden Komplexität der N-Düngung und einem zeitlichen Mehraufwand von 5-15 % führte. Begründet wurde die Wahl dieser Organisationsform von den Teilnehmern selbst wiederum mit ihrer hohen Technikaffinität als auch der starken Motivation für ein bestmögliches Arbeitsergebnis. Eine zukünftige Veränderung der Organisationsform kann aber nicht ausgeschlossen werden, wenn die Anwender Vertrauen in die Technik bzw. die Arbeitserledigung durch andere Pilotbetriebe gewinnen, oder wenn es zu einer weiteren Ausdehnung von Use Cases (z. B. Pflanzenschutzmittelapplikation) für das Sensorsystem kommt. Dann müssen allerdings die Auslastung der Technologie und damit verbundene zeitliche Restriktionen für die gemeinschaftliche Nutzung neu bewertet werden. Entgegen der ursprünglichen Erwartungen gestaltete sich die gemeinschaftliche Nutzung der Sensortechnologie folglich als eine gut zu lösende Aufgabe. Dies kann neben anderen Motivationsgründen ökonomischer oder ökologischer Art [KMG18] ebenso positiv für eine weitere Verbreitung der Technologie gewertet werden.

3.3 Anwenderfreundlichkeit: Parametrisieren versus Kalibrieren

Die Analyse der Anwenderfreundlichkeit der eingesetzten Sensortechnologie offenbarte, dass die Landwirte im Rahmen der teilflächenspezifischen Düngung vor neue Herausforderungen gestellt werden. Obwohl das im Sensorsystem implementierte N-Düngesystem bei Winterweizen nicht kalibriert werden musste, waren eine Parametrisierung der Einflussgrößen Ertragspotenzial und N-Nachlieferung aus dem Boden gefordert. Dies führte bei vier Pilotbetrieben, welche die Technologie bei Winterweizen einsetzten, teils zu großen Unsicherheiten, da die Sensitivität beider Parameter das Niveau einer N-Gabe um bis zu 30-50 kg ha⁻¹ beeinflussen kann. Einer der Pilotbetriebe setzte den Sensor im Dinkel ein. Da für Dinkel keine absoluten Düngealgorithmen verfügbar sind, muss das Sensorsystem hier vor der Düngung klassisch kalibriert werden. Die Fallstudie zeigt hier, dass entgegen der ursprünglichen Annahme der Kalibriervorgang in der Durchführung nicht aufwendiger ist als die Anwendung des Absolutdüngesystems und zudem weniger Unsicherheiten beim Anwender verursacht als die zuvor beschriebene Parametrisierung. Das erforderliche Parametrisieren des richtigen Ertragspotenzials und der N-Nachlieferung im Boden ist damit eine Herausforderung, die neu erlernt werden muss. Falsche Annahmen an dieser Stelle können die positiven Umwelteffekte der Technologie stark reduzieren, aber auch die Akzeptanz gegenüber der Technologie auf der Seite der Anwender verringern [SG18].

4 Fazit

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass die teilflächenspezifische sensorgestützte N-Düngung nach dem „online + map overlay“-Verfahren im Rahmen einer gemeinschaftlichen Nutzung auch in kleinstrukturierten Gebieten einen erfolgreichen Ansatz für Precision Farming bieten kann. Im vorliegenden Fall lag dies einerseits daran,

dass sich die Pilotbetriebe sehr offen für die innovative Technik zeigten. Darüber hinaus eignet sich das Sensorsystem gut für eine gemeinschaftliche Nutzung, da klassische Reibungspunkte einer Maschinengemeinschaft hier keine Rolle spielen. Trotzdem erfordert die Technologie für eine erfolgreiche Implementierung eine intensive Begleitung der Anwender, um möglichen Akzeptanzhemmnissen zu begegnen und negative Umwelteffekte zu vermeiden. Speziell das Parametrisieren des absoluten Düngesystems erfordert umfangreiche agronomische Erfahrung, die zum Teil erst erlernt werden muss.

Literaturverzeichnis

- [Hü07] Hüter, J.; Reckleben, Y.; Schneider, M.; Schwarz, J.; Wagner, P.: Teilflächenspezifische Stickstoffdüngung. KTBL-Heft 75, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt, 2007.
- [KMG18] Karatay, Y.N.; Meyer-Aurich, A.; Gandorfer, M.: Ökonomik der teilflächenspezifischen N-Düngung von Weizen unter Berücksichtigung von Qualität, Risiko und N-Düngerrestriktionen. In: Ruckelshausen, A. et al. (Hrsg.): Digitale Marktplätze und Plattformen, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn S. 135-138, 2018.
- [LNT17] Langenberg, J.; Nordhaus, F.B.; Theuvsen, L.: Navigations- und N-Sensor gestützte Anwendungen in der Landwirtschaft – eine Rentabilitätsanalyse. In: Ruckelshausen, A. et al. (Hrsg.): Digitale Transformation – Wege in eine zukunftsfähige Landwirtschaft, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn S. 97-100, 2017.
- [Ma09] Mayer, H.O.: Interview und schriftliche Befragung. Grundlagen und Methoden empirischer Sozialforschung. 5. überarbeitete Auflage, ISBN 978-3-486-71762-4, Wissenschaftsverlag Oldenbourg, München, 2009.
- [MSH04] Maidl, F.X.; Schächtl, J.; Huber, G.: Strategies for site-specific nitrogen fertilization on winter wheat. In: Mulla, D.J. (Hrsg.): Proc. of the 7th Int. Conf. on Precision Agriculture, Minneapolis, S. 1938-1948, 2004.
- [RB10] Raab-Steiner, E.; Benesch, M.: Der Fragebogen – von der Forschungsidee zur SPSS/PASW-Auswertung. 2. aktualisierte Auflage, ISBN 978-3-825-28727-6, Facultas-Verlag, Wien, 2010.
- [SW08] Schneider, M.; Wagner, P.: Ökonomische Effekte der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung auf betrieblicher Ebene. In: Werner, A. et al. (Hrsg.): pre agro Abschlussbericht, Leibnitz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg S. 401-436, 2008.
- [SG18] Schleicher, S.; Gandorfer, M.: Digitalisierung in der Landwirtschaft: Eine Analyse der Akzeptanzhemmnisse. In: Ruckelshausen, A. et al. (Hrsg.): Digitale Marktplätze und Plattformen, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn S. 203-206, 2018.

Wie kommunizieren Landwirte in Zeiten der Digitalisierung?

Cord-Friedrich von Hobe¹, Marius Michels¹, Wilm Fecke¹, Oliver Mußhoff¹ und Paul Johann Weller von Ahlefeld¹

Abstract: Die Digitalisierung der Kommunikation mittels mobiler Endgeräte führt zu einer Vereinfachung der Interaktion bei vielen Geschäftstätigkeiten. Doch während moderne internetgestützte Kommunikationsmethoden Vorteile in Bezug auf die Geschwindigkeit und räumliche Ungebundenheit aufweisen, erfüllt die persönliche Kommunikation von Angesicht zu Angesicht andere wichtige Aufgaben wie den Ausdruck von Mimik oder eine sofortige Rückmeldung. Da die Kommunikation zwischen LandwirtInnen² und verschiedenen Stakeholdern bis heute weitestgehend unerforscht ist, wurde die Form der Kommunikation deutscher Landwirte mit Mitarbeitern, Lohnunternehmern und Vertretern des Landhandels im vorliegenden Beitrag analysiert. Zu diesem Zweck wurde Ende 2017 eine standardisierte Onlineumfrage unter 168 Leitern landwirtschaftlicher Betriebe durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass persönliche Gespräche sowohl beim Kontakt mit Mitarbeitern und Vertretern des Landhandels als auch bei der Kommunikation zwischen Lohnunternehmern und Kunden präferiert werden. Allerdings zeigt sich auch, dass in Zukunft beim Kontakt mit Mitarbeitern Messenger-Dienste verstärkt eingesetzt werden könnten, da sie eine kurze und schnelle Informationsübertragung ermöglichen. Für den Kontakt mit dem Landhandel nimmt die Bedeutung von E-Mails zu, da Informationen und Angebote leicht gespeichert werden können. Für den Kontakt zwischen Lohnunternehmern und Kunden wird erwartet, dass auch Cloud-Dienste mehr genutzt werden.

Keywords: Kommunikation, Landwirte, Lohnunternehmer, Landhandel, Digitalisierung

1 Einleitung

Für die weitere Entwicklung der Landwirtschaft ist die Bereitstellung moderner digitaler Informations- und Kommunikationstechnologien bedeutsam. Die Digitalisierung der Kommunikation mittels mobiler Endgeräte schreitet voran und sorgt für eine Vereinfachung der Interaktion bei vielen Geschäftstätigkeiten [KZ03]. Smartphones oder Tablets mit mobiler Internetfunktion ermöglichen heutzutage einen leichten Austausch von verbalen, aber auch textbasierten sowie audio-visuellen Informationen über E-Mails sowie Messenger- und Cloud-Dienste [Kr15]. Computer- bzw. internetgestützte Kommunikati-

¹ Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, c.vonhobe@stud.uni-goettingen.de, marius.michels@agr.uni-goettingen.de, wilm.fecke@agr.uni-goettingen.de, oliver.musshoff@agr.uni-goettingen.de, p.wellervonahlefeld@stud.uni-goettingen.de

² Es sei darauf hingewiesen, dass nur zur besseren Lesbarkeit im weiteren Verlauf dieses Beitrags auf die explizite Nennung der weiblichen Form verzichtet wird. Wo die männliche Form verwendet wird, ist implizit auch die weibliche Form gemeint.

on als sogenannte asynchrone Kommunikation bringt gegenüber der Kommunikation von Angesicht zu Angesicht den Vorteil, dass sie kostengünstiger und aufgrund des wegfallenden Erfordernisses physischer und zeitgleicher Anwesenheit der Gesprächspartner weniger begrenzt ist [HSV13]. Durch Fehlen von Mimik und anderen körperlichen Reaktionen auf die Übermittlung einer Information zeichnet sich computer- bzw. internetgestützte textbasierte Kommunikation als kühleres, unpersönlicheres, aber formales und mehr aufgaben- sowie kontextbezogenes Medium aus [JK01]. Landwirte stehen in Kontakt mit vielen Stakeholdern, mit denen sie auf verschiedene Art und Weise kommunizieren können. Allerdings ist bislang noch nicht aus Sicht der Landwirte untersucht, welche Art der Kommunikation mit verschiedenen Stakeholdern genutzt wird. Ziel des Beitrags ist daher, mittels einer Online-Umfrage zu untersuchen, auf welche Art und Weise (persönliches Gespräch, E-Mail, Messenger- oder Cloud-Dienste) Landwirte mit ihren Mitarbeitern, dem Landhandel und Lohnunternehmern kommunizieren. Weiterhin soll analysiert werden, welche Kommunikationsmedien nach Ansicht der Landwirte in Zukunft verwendet werden bzw. welche Medien sie als die effizienteste Möglichkeit zur Kommunikation erachten. Unsere Ergebnisse sind sowohl für die Händler und die Politik als auch für landwirtschaftliche Lohnunternehmer interessant, da sie wertvolle erste Einblicke in die Kommunikation innerhalb der Landwirtschaft liefern.

2 Methodik

Zur Erhebung der Daten wurde vom 1.10. bis 15.12.2017 eine Online-Umfrage durchgeführt. An der Online-Umfrage beteiligten 168 Landwirte. Die Umfrage gliederte sich in zwei Teile: Im ersten Teil wurden die Landwirte hinsichtlich ihrer soziodemographischen Faktoren sowie betrieblichen Charakteristika befragt. Im zweiten Teil wurden die Teilnehmer gebeten, ihren Grad der Zustimmung zu drei Statements bezüglich persönlicher und mobiler bzw. digitaler Kommunikation anzugeben (5-Punkte-Likert-Skala). Der zweite Teil beinhaltete weiterhin Fragen zur Nutzung mobiler Kommunikationsgeräte (Smartphone, Tablet) sowie zur Kommunikation (persönliches Gespräch, E-Mail, Messenger- und Cloud-Dienste) mit betrieblichen Mitarbeitern, dem Landhandel und Lohnunternehmern. Hier konnte eine Einfachauswahl getroffen werden. Die Stichprobe ist verglichen mit dem bundesweiten Durchschnitt in der Landwirtschaft nicht repräsentativ, da eher jüngere und relativ besser gebildete Landwirte teilgenommen haben, was zum Teil auf die Durchführung als Online-Umfrage zurückgeführt werden kann. Zudem stammen die Teilnehmer von relativ größeren Betrieben gemessen in Hektar Ackerland.

3 Ergebnisse und Diskussion

89 % der befragten Landwirte nutzen sowohl privat als auch beruflich ein Smartphone. Dass ein Smartphone ausschließlich für berufliche Zwecke verwendet wird, kam in der Stichprobe nicht vor, während lediglich 2 % der befragten Landwirte ihr Gerät rein für den privaten Gebrauch besitzen. 9 % der befragten Landwirte nutzen überhaupt kein

Smartphone. Für die Nutzung von Tablets innerhalb der untersuchten Stichprobe gilt ein anderes Bild als für die Nutzung von Smartphones. Knapp die Hälfte der Befragten verwendet ein Tablet sowohl privat als auch beruflich, während 32 % überhaupt kein Tablet besitzen. Im Gegensatz zu der Nutzung von Smartphones existiert bei Tablets eine geringe Nutzung (2 %) rein für berufliche Zwecke. 17 % der befragten Landwirte verwenden ihr Tablet ausschließlich privat.

Hinsichtlich digitaler bzw. mobiler Kommunikation wurden die befragten Landwirte weiterführend um ihren Grad der Zustimmung zu drei Statements gebeten. 79 % der befragten Landwirte stimmen im ersten Statement zu, dass die mobile bzw. digitale Kommunikation die Überprüfung von betrieblichen Arbeitsläufen in Zukunft erleichtern wird. Lediglich 3 % der befragten Landwirte lehnen diese These ab. Für berufliche Verhandlungen empfinden 65 % der befragten Landwirte mobile bzw. digitale Kommunikationsmittel als unseriös. Der zweitgrößte Anteil mit 31 % der befragten Landwirte urteilte über dieses Statement mit „teils/teils“. Nur 4 % der befragten Landwirte lehnten diese Aussage ab. Zudem stimmten 87 % der befragten Landwirte zu, dass persönliche Gespräche nicht durch mobile bzw. digitale Kommunikationsmittel ersetzt werden können. Lediglich 1 % der befragten Landwirte lehnte diese These ab.

Eines der Hauptziele der Umfrage war es, die Wahl der Kommunikationsmittel von Landwirten auf ihrem Betrieb zu analysieren. In diesem Zusammenhang wurde zunächst gefragt, welches Kommunikationsmittel die befragten Landwirte derzeit am aktivsten nutzen. Des Weiteren sollten die befragten Landwirte angeben, welches Kommunikationsmittel sie in Zukunft (in 5 Jahren) für am wichtigsten erachten. Als letzte Frage galt es zu beantworten, welches Kommunikationsmittel sie als am effizientesten einschätzen. Als Auswahlmöglichkeiten standen hierbei jeweils ein persönliches Gespräch, E-Mails sowie Messenger- oder Cloud-Dienste zur Übermittlung der Arbeitsaufträge zur Verfügung. Die Umfrageergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt. Es wird deutlich, dass der Großteil der befragten Landwirte sowohl aktuell (85 %) als auch zukünftig (71 %) das persönliche Gespräch als das wichtigste Kommunikationsmittel erachtet. 83 % der befragten Landwirte empfinden das persönliche Gespräch allerdings weiterhin als effizientestes Medium in der Kommunikation mit Mitarbeitern. Eine effektive Kommunikation mit Mitarbeitern erhöht die Identifikation der Angestellten mit dem Unternehmen und damit auch ihre Leistung für das Unternehmen [SPV01]. Die Unternehmensstruktur landwirtschaftlicher Betriebe in Deutschland ist geprägt durch kleine und mittelständische Familienbetriebe, sodass sich vermuten lässt, dass bedingt durch den gemeinsamen Haushalt vor allem persönliche Gespräche mit Familienarbeitskräften das meist genutzte Kommunikationsmedium sind. E-Mails werden aktuell lediglich von 2 % der befragten Landwirte als hauptsächliches Kommunikationsmedium auf den landwirtschaftlichen Betrieben genutzt und noch weniger erwarten, dies in Zukunft primär zu tun. Nur 1 % der befragten Landwirte erachten E-Mails als das effizienteste Kommunikationsmittel zu Mitarbeitern. Ein klarer Anstieg der zukünftig erwarteten Art der Kommunikation von 13 % aktueller Nutzung auf 20 % zukünftigem Gebrauch ist bei Messenger-Diensten zu beobachten. Auch bei Cloud-Diensten fällt diese Entwicklung von 1 % aktueller Nutzung auf 7 % zukünftigen Gebrauchs ins Auge, wobei es allerdings zu beachten gilt, dass

die absoluten Zahlen in diesen Bereichen im Vergleich immer noch sehr gering sind. Messenger-Dienste haben den Vorteil gegenüber der Kommunikation via E-Mail, dass die Nachrichten in Echtzeit empfangen und beantwortet werden können und somit die schnelle Übermittlung von Informationen erleichtert wird. Zudem erscheinen Messenger-Dienste im Gegensatz zu E-Mails eher als informelles Medium. Messenger-Dienste liegen hinsichtlich Intimität und Förmlichkeit zwischen persönlichen Gesprächen und E-Mails [SL02]. Landwirte könnten also Messenger-Dienste zur Übermittlung von Aufgaben nutzen, wenn Mitarbeiter nicht vor Ort sind, da sie eine Übertragung in Echtzeit ermöglichen. Zudem sind Nachrichten über Messenger-Dienste üblicherweise eher kurzgehalten, sodass der Gebrauch eines Messenger-Dienstes für eine schnelle, kurzgehaltene Übermittlung von Informationen an Mitarbeiter logisch erscheint. Die Zunahme in der zukünftigen Nutzung von Cloud-Diensten lässt sich dadurch erklären, dass Cloud-Dienste inzwischen die Übermittlung von Ackerschlagkarteien ermöglichen, sodass sie die Kommunikation schlagbezogener Aufgaben zwischen Betriebsleitern und Mitarbeitern erleichtern können.

Zielgruppe	Kommunikationsmedium	Aktuell	Zukünftig	Am effizientesten
Mitarbeiter (n=168)				
	Persönliches Gespräch	85 %	71 %	83 %
	E-Mail	2 %	2 %	1 %
	Messenger-Dienste	13 %	20 %	12 %
	Cloud-Dienste	1 %	7 %	4 %
Landhandel (n=168)				
	Persönliches Gespräch	88 %	64 %	73 %
	E-Mail	9 %	19 %	15 %
	Messenger-Dienste	3 %	5 %	4 %
	Cloud-Dienste	0 %	13 %	7 %
Lohnunternehmen (n=142)				
	Persönliches Gespräch	89 %	68 %	69 %
	E-Mail	2 %	8 %	8 %
	Messenger-Dienste	6 %	9 %	8 %
	Cloud-Dienste	3 %	15 %	15 %

Tab. 1: Wahl der Kommunikationsmittel von Betriebsleitern mit Mitarbeitern, dem Landhandel sowie Lohnunternehmen

Analog zur Kommunikation zwischen Betriebsleitern und Mitarbeitern wurden die Teilnehmer hinsichtlich der Kommunikation mit Vertretern ihres Landhandels befragt. Auch bei der Kommunikation mit dem Landhandel bevorzugt der Großteil der befragten Landwirte aktuell ein persönliches Gespräch. Hinsichtlich der zukünftigen Präferenz dominiert dieses zwar immer noch, jedoch sinkt der Anteil von 88 % (aktuell) auf 64 % (zukünftig). 73 % der befragten Landwirte erachten das persönliche Gespräch auch als das effizienteste Medium der Kommunikation mit dem Landhandel. Die Servicequalität ist eines der wichtigsten Kriterien für die Auswahl von Händlern. Servicequalität wird größtenteils anhand der Beziehung zwischen dem Kunden und dem Händler festgelegt [KW00]. Daher ist es nicht verwunderlich, dass viele Landwirte die persönliche Kom-

munikation als sehr wichtig erachten und diese auch vorrangig für den Kontakt mit dem Landhandel nutzen. Im Gegensatz zur Kommunikation mit den eigenen Mitarbeitern ist das Medium „E-Mail“ im Kontakt mit dem Landhandel deutlich beliebter. 9 % der befragten Landwirte geben an, primär E-Mails als Medium zu verwenden und mehr als doppelt so viele erwarten, dies zukünftig zu tun. E-Mails ermöglichen in diesem Fall eine höhere Kontrolle über den Inhalt sowie die verwendeten sprachlichen Begrifflichkeiten, da sie vor dem Absenden der Nachricht eine Korrektur des Inhalts und der Wortwahl ermöglichen. Zudem verfügen E-Mails über die Möglichkeit, dass der Inhalt zur Referenz unverändert verfügbar bleibt. Somit können Landwirte leichter Daten und Angebote des Landhändlers speichern, weswegen möglicherweise viele Landwirte einen Anstieg in der Kommunikation via E-Mail mit dem Landhandel erwarten. Lediglich 3 % der Landwirte nutzen vorrangig einen Messenger-Dienst, um mit dem Landhandel zu kommunizieren. Für die Zukunft sehen nur 5 % der befragten Landwirte Messenger-Dienste als Kommunikationsmittel ihrer Wahl an und lediglich 4 % von ihnen empfinden Messenger-Dienste als das effizienteste Kommunikationsmittel mit dem Landhandel. Obwohl bereits heute 7 % der befragten Landwirte Cloud-Dienste als effizientesten Weg der Kommunikation mit dem Landhandel betrachten, gab keiner der Befragten an, aktuell vorrangig Cloud-Dienste in diesem Zusammenhang zu nutzen. Allerdings wird hier die mit Abstand größte Steigerung erwartet: 13 % der befragten Landwirte gehen davon aus, in Zukunft hauptsächlich via Cloud-Dienste mit dem Landhandel zu kommunizieren. Dies könnte ebenfalls auf der Erwartung beruhen, dass z. B. Angebote und Lieferscheine zukünftig vermehrt digital übermittelt werden. Dem Landwirt wäre es also möglich, die für ihn relevanten Kundendaten jederzeit aus einer Cloud beziehen zu können.

Zuletzt wurde die Kommunikation zwischen Landwirten und Lohnunternehmern analysiert. Da 15 % der befragten Landwirte keinerlei Kontakt zu einem Lohnunternehmer haben oder selbst als Lohnunternehmen tätig sind, bezieht sich die folgende Auswertung lediglich auf 142 befragte Landwirte. Wie zuvor bei der Kommunikation mit Mitarbeitern oder Landhandel beobachtet, ist auch hinsichtlich des Kontakts zwischen Landwirten und Lohnunternehmern das persönliche Gespräch aktuell das mit Abstand präferierte Kommunikationsmedium (89 %). Doch auch hier ist ein deutlicher Rückgang der Zustimmung von 89 % auf 68 % der befragten Landwirte zu beobachten, die dieses ebenfalls in der Zukunft erwarten. Allerdings wird das persönliche Gespräch weiterhin als die effizienteste Form der Kontaktaufnahme bewertet (69 %). Wie auch bei der Kommunikation mit dem Landhandel lässt sich vermuten, dass viele Landwirte die persönliche Kommunikation als wichtigen Servicequalitätsaspekt betrachten. Andersherum könnten viele Lohnunternehmen die persönliche Kommunikation als wichtigen Faktor in der Kundenbindung ansehen. Es wird zwar prognostiziert, dass die Bedeutung von Messenger-Diensten und E-Mails in Zukunft steigen wird, jedoch auch hier im Vergleich zu den Cloud-Diensten in geringerem Maße. 15 % der befragten Landwirte erachten bereits heute Cloud-Dienste als das effizienteste Kommunikationsmedium mit Lohnunternehmern. Auch wenn aktuell nur 3 % der befragten Landwirte dieses Mittel primär zur Kommunikation nutzen, erwarten 15 % dies in Zukunft zu tun. Der Anstieg in der erwarteten

teten Nutzung von Cloud-Diensten lässt sich damit erklären, dass es über Cloud-Dienste möglich wäre, Anfahrtswege, Feldeinfahrten und generell die Lage der Ackerschläge simpler und präziser zu übermitteln.

4 Schlussfolgerungen

Unsere Ergebnisse zeigen, dass persönliche Gespräche sowohl beim Kontakt mit Mitarbeitern und Vertretern des Landhandels als auch bei der Kommunikation mit Lohnunternehmern präferiert werden. Allerdings zeigt sich auch, dass in Zukunft beim Kontakt mit Mitarbeitern Messenger-Dienste verstärkt eingesetzt werden könnten, da sie eine kurze und schnelle Informationsübertragung ermöglichen. Für den Kontakt mit dem Landhandel nimmt laut unseren Ergebnissen die Bedeutung von E-Mails zu. Dies könnte damit begründet werden, dass Angebote sowie Lieferscheine leichter zentral gespeichert werden können. Für den Kontakt mit Lohnunternehmern wird erwartet, dass auch Cloud-Dienste mehr genutzt werden könnten. Cloud-Dienste vereinfachen die Übermittlung der Kundenstandorte sowie eine präzisere Lokalisierung der gewünschten Ein- und Ausfahrten.

Literaturverzeichnis

- [HSV13] Herring, S.; Stein, D.; Virtanen, T., 2013: Pragmatics of computer-mediated communication. 9. Aufl. Berlin: Walter de Gruyter.
- [JK01] Jonassen, D. H.; Kwon, H., 2001: Communication patterns in computer mediated versus face-to-face group problem solving. In: *Educational technology research and development* 49 (1), S. 35.
- [Kr15] Krombholz et al., 2015: Advanced social engineering attacks. In: *Journal of Information Security and applications* 22, S. 113-122.
- [KW00] Kolesar, M. B.; Wayne, G. R., 2000: A services-marketing perspective on e-retailing. Implications for e-retailers and directions for further research. In: *Internet Research* 10 (5), S. 424-438.
- [KZ03] Kumar, S.; Zahn, C., 2003: Mobile communications. Evolution and impact on business operations. In: *Technovation* 23 (6), S. 515-520.
- [SL02] Segerstad, Y. H. A.; Ljungstrand, P., 2002: Instant messaging with WebWho. In: *International Journal of Human-Computer Studies* 56 (1), S. 147-171.
- [SPV01] Smidts, A.; Pruyn, A. T. H.; van Riel, C. B. M., 2001: The impact of employee communication and perceived external prestige on organizational identification. In: *Academy of Management journal* 44 (5), S. 1051-1062.

Ökonomische Parameter in Precision Agriculture – strukturelle Anforderungen und Wirkungen in Deutschland

Maximilian Waltmann, Nicola Gindele und Reiner Doluschitz¹

Abstract: In den letzten 20 Jahren hat sich die Agrarwissenschaft im Rahmen der Technikfolgenabschätzung u.a. auch vornehmlich mit Techniken in den Bereichen der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung, Parallelfahrssystemen und automatischen Melksystemen befasst und deren ökonomisches Einsparpotenzial und Einfluss auf die Landwirtschaft in Deutschland analysiert. Im vorliegenden Beitrag wird der Einfluss von Drohnen, autonomer Robotik, intelligenten Systemen und Sensoren in der Tierhaltung näher betrachtet. Mittels neun Experteninterviews wurde evaluiert, welche ökonomischen Potenziale durch den Einsatz dieser Techniken geschaffen werden und welche Einflüsse sie auf die Landwirtschaft haben. Zentrale Ergebnisse dieser Interviews sind, dass die Landwirtschaft durch den Einsatz dieser Systeme eine bedeutende Veränderung erfahren wird und sich technische Konzepte, wie sie heute verwendet werden, stark verändern oder gar völlig verschwinden werden. Ein spezifisches ökonomisches Einsparpotenzial konnte keiner der Experten nennen, jedoch gehen sie davon aus, dass alle Verfahrenstechniken sowohl enormes ökonomisches als auch ökologisches und soziales Potenzial mit sich bringen. Strukturelle Veränderungen finden vor allem in den Bereichen der Flurgestaltung, Arbeitskräftestruktur und durch die Auslagerung von speziellen Funktionen statt. Ziel des Einsatzes von Precision Agriculture muss es sein, dass Prozesse entlang der Wertschöpfungskette transparenter aufgezeichnet werden und die individuelle Bewirtschaftung von Pflanzen und Tieren weiter steigt. Zudem muss das Problem der Interoperabilität der Systeme gelöst werden und Farmmanagementsysteme sind zu entwickeln, welche die Analyse und Darstellung der Informationen für den Landwirt erleichtern.

Keywords: Precision Agriculture, Precision Farming, Precision Livestock Farming, ökonomische Einsparpotenziale, strukturelle Veränderungen, Drohnen, autonome Robotiksysteme, Sensoren in der Tierhaltung

1 Einleitung

Landwirtschaft ist ein Wirtschaftssektor, welcher in den letzten Jahren einen starken Wandel erfahren hat. Nicht nur die Sichtweise innerhalb der Gesellschaft, sondern auch die Art und Weise, wie Landwirtschaft betrieben wird, hat sich in den letzten Jahren stark verändert. Dies führt dazu, dass sich landwirtschaftliche Produktionsweisen, verstärkt noch durch den Megatrend Digitalisierung, grundlegend verändert haben. Die sogenannte Landwirtschaft 4.0 ist ein Komplex, welcher sich sehr dynamisch entwickelt

¹ Universität Hohenheim, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Fachgebiet Unternehmensführung und Agrarinformatik, Scherzstr. 44, 70599 Stuttgart, maximilian.waltmann@uni-hohenheim.de; nicola.gindele@uni-hohenheim.de; reiner.doluschitz@uni-hohenheim.de

und starken Einfluss auf das ökonomische Potenzial in der Landwirtschaft hat. Die Vergleichbarkeit von Wirtschaftlichkeitsanalysen im Bereich Precision Agriculture ist in vielen Fällen nur sehr schwer möglich, da die Methoden, mit denen die Wirtschaftlichkeitsanalysen durchgeführt werden, oft nicht genau definiert sind und stark voneinander abweichen [RDM07]. Hinzu kommt, dass landwirtschaftliche Betriebe sehr heterogen strukturiert sind und es daher schwer ist, allgemeingültige Aussagen zu konkreten Handlungsempfehlungen in Bezug auf ökonomische Parameter von Precision Agriculture zu treffen [RDM07], [Sc11].

Die Zielsetzung des vorliegenden Beitrags liegt auf der Analyse ökonomischer Parameter im Bereich des Precision Crop Farming und Precision Livestock Farming, mit speziellem Fokus auf die Technologiesparten Drohnen, autonome Robotiksysteme und Sensorik in der Tierhaltung. Außerdem wird der Frage nachgegangen, welche Auswirkungen die weitere Entwicklung von Precision Agriculture auf die landwirtschaftliche Struktur in Deutschland haben wird. Darüber hinaus wird am Beispiel des Einsatzes einer Drohne betrachtet, welche strukturellen Gegebenheiten vorliegen müssen, um Precision-Agriculture-Methoden wirtschaftlich nutzen zu können.

2 Strukturelle Entwicklung der Landwirtschaft in Deutschland

Die Agrarstruktur in Deutschland hat in den vergangenen Jahrzehnten einen enormen Wandel erfahren. So ist die Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe in den letzten 46 Jahren auf ein Viertel zurückgegangen und die durchschnittliche Flächenausstattung pro Betrieb stieg auf etwa das 5,5-fache. Den größten Wandel hat die Landwirtschaft im Zeitraum von 1999/2000 bis 2016 erfahren. In diesem Zeitraum hat sich die Größe der Betriebe um durchschnittliche fast 60 % erhöht [BM18]. In Deutschland werden 48 % der Betriebe im Haupterwerb und 52 % im Nebenerwerb bewirtschaftet. Ein Trend, welcher sich aus den Erkenntnissen der letzten Jahre ableiten lässt, ist dahingehend zu erkennen, dass die Anzahl der Haupterwerbsbetriebe in den letzten sechs Jahren zurückgegangen ist und die Zahl der Nebenerwerbsbetriebe um 2 % gestiegen ist [DB17]. Die Betriebsgrößenstruktur hat sich im Zeitverlauf der letzten Jahre ebenfalls stark verändert. In den Jahren 2007 bis 2017 ist die Anzahl der Betriebe unter 100 Hektar zurückgegangen und die Anzahl der Betriebe über 100 Hektar ist angestiegen [St18]. Der Strukturwandel und die Entwicklungen in der Landwirtschaft sind Prozesse, die über viele Jahre entstanden sind und zum Teil ihren Ursprung in der technischen Entwicklung finden. Diese Entwicklung führte dazu, dass die Landwirtschaft zu einem kapitalintensiveren Sektor der Wirtschaft wurde, da zusätzliche technische Applikationen am Markt zur Verfügung standen, die hohe Investitionssummen erforderlich machten. Betriebsleiter, die dieser Entwicklung aus wirtschaftlichen Gründen nicht folgen konnten, oder keine Hofnachfolger fanden, mussten ihre Betriebe aufgeben. Dies hatte und hat auch weiterhin die Folge, dass die Anzahl der Betriebe weiter zurückgeht [BM18].

3 Methodik

Die in diesem Beitrag enthaltenen Ergebnisse wurden mittels drei verschiedener Methoden erarbeitet. Im ersten Schritt wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, in der die ökonomischen Parameter von Precision-Agriculture-Anwendungen der letzten Jahrzehnte analysiert wurden. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde ermittelt, welche Applikationen im Bereich von Precision Agriculture in den letzten Jahren auf ökonomische Vorteilhaftigkeiten untersucht wurden. Zu den Themenbereichen, die bisher wenig bis kaum untersucht wurden, wurden neun Experteninterviews durchgeführt. Es wurden jeweils drei Experten zu den Themen Drohnen, autonome Robotiksysteme und Sensortechnik in der Tierhaltung mit einem Verhältnis von zwei Drittel an Wissenschaft und ein Drittel an Wirtschaft befragt. Im Anschluss wurden die zentralen Aussagen analysiert und Gewinnvergleichsrechnungen durchgeführt, um näherungsweise die ökonomische Vorteilhaftigkeit einzelner Techniken auf Betriebsgrößen abzubilden.

4 Strukturelle Anforderungen der Digitalisierung und Wirkungen in Deutschland

In der Literatur aus dem Zeitraum 1996 bis 2018 wurden im Bereich Precision Farming vor allem die Verfahrenstechniken der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung und Parallelfahrssysteme und im Bereich des Precision Livestock Farming die des automatischen Melksystems (AMS) wissenschaftlich auf ihre ökonomische Vorteilhaftigkeit untersucht. Die Literaturrecherche aus dem genannten Zeitraum hat im Ergebnis gezeigt, dass im Bereich Sensorik im Pflanzenbau Einsparungen von 5-50 % im Bereich bei den Applikationsmengen von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln sowie ein Mehrertrag von 1-6 % möglich sind. Im Bereich des Precision Farming lassen sich somit grundsätzlich große Einsparpotenziale feststellen, welche jedoch durch die hohen Anschaffungspreise deutlichen Größendegressionseffekten unterliegen. Im Bereich des Precision Livestock Farming sind AMS wirtschaftlich stark vom Umfang des Milchkuhbestandes abhängig, verfügen jedoch über ein enormes arbeitszeitliches Einsparpotenzial (11-70 % Arbeitszeiterparnis). Da in der ausgewerteten Literatur nur sehr wenig oder zum Teil sogar gar keine ökonomischen Einsparpotenziale im Bereich Drohnen, autonome Robotiksysteme und Sensoren in der Tierhaltung zu finden sind, wurde im Rahmen von Experteninterviews näher auf diese Thematik eingegangen.

Nach Einschätzung der Experten ist es aktuell noch nicht möglich, dass für den Einsatz von Drohnen, autonome Robotiksysteme und Sensortechnik in der Tierhaltung belastbare Aussagen über mögliche Einsparpotenziale getroffen werden können. Generell haben nach einstimmiger Aussage der Experten alle untersuchten Techniken ein großes Potenzial an Einsparungen im Bereich der Betriebsmittel, Arbeitszeit und der generellen Kostenstruktur. Zudem ergeben sich neben ökonomischen Einsparungen, die durch die Techniken erzielt werden könnten, vor allem die Vorteile, dass der Landwirt bezüglich der Bindung an die Produktionsprozesse entlastet wird und er durch den Vergleich zwi-

sehen seinem Handeln und den Handlungsempfehlungen der Systeme eine Bestätigung seines eigenen Handelns erfahren kann. Die Anforderungen, die sich durch den vermehrten Einsatz von Precision-Agriculture-Applikationen beim Landwirt ergeben, sind sehr vielfältig. Zum einen wird sich nach Ansicht der Experten die Ausbildung in landwirtschaftlichen Berufen stark verändern. Es muss nach Einschätzung der Experten in der Ausbildung mehr auf den Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik eingegangen werden, wodurch die Komplexität der Ausbildung weiter ansteigen wird. Landwirte müssen nach Aussage der Fachleute zudem eine hohe Affinität für neue technologische Systeme aufweisen. Die Rolle des Landwirts wird sich stark verändern, sodass der Landwirt zum Technologiemanager und Strategen wird. Zudem wird der Landwirt seinen Betrieb vermehrt aus dem Büro leiten, was in Folge dessen bedeutet, dass sich die Zeiten im Stall oder auf dem Feld reduzieren. Ebenfalls werden sich die inhaltlichen Arbeitsanforderungen in landwirtschaftlichen Betrieben in Zukunft dahingehend verändern, dass mehr Personal mit IT-Kenntnissen notwendig wird. Nicht nur der Landwirt direkt ist von diesem Wandel betroffen. Ebenfalls sprechen eine Reihe der Experten davon, dass bestehende Maschinenkonzepte in Zukunft völlig anders genutzt werden oder sogar verschwinden. Ziel muss sein, dass durch Precision-Agriculture-Methoden einerseits suboptimal wirtschaftende Landwirte auf ein Mindestniveau gehoben werden und gut wirtschaftende Landwirte die Möglichkeit bekommen, sich weiter zu verbessern.

Die durch den Einsatz von Precision-Agriculture-Techniken ausgelösten strukturellen Wirkungen auf die Landwirtschaft zeigen sich vor allem in den Bereichen der Flurgestaltung, der Arbeitskräftestruktur und der Auslagerung von speziellen Funktionen. Die Entwicklung in den Bereichen der Anzahl und Größenstruktur der Betriebe ist nach übereinstimmender Einschätzung der Experten völlig losgelöst von der Digitalisierung in der Landwirtschaft. Jedoch ist es nach Aussage der Experten möglich, dass durch den Einsatz von Drohnen und autonomen Robotiksystemen die Flurgestaltung dahingehend verändert wird, dass auf einer Fläche nicht mehr nur noch eine Kultur zu finden ist, sondern dass mehrere Kulturarten standortangepasst angebaut werden können. So könnte es in Zukunft zu einer kleinräumigeren, facettenreicheren, diversifizierteren, an den Standort angepassteren, individuelleren Landwirtschaft durch den Einsatz von Precision-Agriculture-Applikationen kommen. Ebenso wird sich durch den steigenden Technologieinsatz die Arbeitskräftestruktur verändern. Es werden in Zukunft mehr Mitarbeiter auf landwirtschaftlichen Betrieben beschäftigt, welche interdisziplinär ausgebildet sein müssen und vor allem ein verstärktes Verständnis für IT-Prozesse besitzen sollten.

Die Auslagerung von Funktionen an spezialisierte Unternehmen wird nach Einschätzung aller Experten in den nächsten Jahren stark zunehmen. Dies hat vor allem den Grund, dass der Landwirt nicht in der Lage ist, die Vielzahl von Daten eigenständig auszuwerten und daraus Handlungsempfehlungen für sich abzuleiten. Vor allem Datenmanagementunternehmen werden nach Angabe der Experten von diesem Outsourcing profitieren. Nach Einschätzung der Experten ist das Entwicklungspotenzial von Precision Agriculture in allen untersuchten Bereichen sehr groß.

5 Gewinnvergleichsrechnung und Ausblick

Der in Zukunft zunehmende Einsatz von Drohnen, autonomen Robotiksystemen und Sensoren in der Tierhaltung wird die Landwirtschaft weiter nachhaltig verändern. Welche Effekte hier entstehen können, wird am Beispiel des Einsatzes von Drohnen erläutert. Durch das Erstellen von Düngeapplikationskarten mittels Drohnen und den Einsatz von teilflächenspezifischer Düngung lassen sich Einsparungen generieren. Eine spezifische Aussage über mögliche Einsparpotenziale ist jedoch nicht möglich, da diese von einer Vielzahl von Faktoren abhängig sind. Um dennoch näherungsweise eine Einschätzung zu möglichen Einsparpotenzialen geben zu können, wurden hierzu unterschiedliche Szenarien berechnet. Unter der Annahme, dass, wie in Tab. 1 beispielhaft dargestellt, durch den Einsatz von Drohnen Betriebsmittel eingespart werden, kommt man zu dem Ergebnis, dass sich Drohnen ab einer Betriebsfläche von 53 Hektar (Szenario 4) wirtschaftlich rechnen könnten. Die notwendigen Betriebsgrößen weisen jedoch je nach zugrundeliegendem Szenario große Spannen auf.

	Referenzsituation	Szenario 1: 5% Betriebsmittel- einsparung	Szenario 2: 10% Betriebsmittel- einsparung	Szenario 3: 15% Betriebsmittel- einsparung	Szenario 4: 20% Betriebsmittel- einsparung
Bezeichnung des Geräts	DJI Matrice 200 - Mica Sence Komplettpaket	DJI Matrice 200 - Mica Sence Komplettpaket	DJI Matrice 200 - Mica Sence Komplettpaket	DJI Matrice 200 - Mica Sence Komplettpaket	DJI Matrice 200 - Mica Sence Komplettpaket
Investitionskosten der Technik exkl. Mwst. in Euro	11.750,00 €	11.750,00 €	11.750,00 €	11.750,00 €	11.750,00 €
Restwert (20% vom AW)	2.350,00 €	2.350,00 €	2.350,00 €	2.350,00 €	2.350,00 €
Reparaturkosten (1% des Anschaffungswertes)	117,50 €	117,50 €	117,50 €	117,50 €	117,50 €
Zinskosten 3%	211,50 €	211,50 €	211,50 €	211,50 €	211,50 €
Abschreibungsdauer der Technik in Jahren	10	10	10	10	10
Abschreibung in Euro/Jahr	940,00 €	940,00 €	940,00 €	940,00 €	940,00 €
laufende Kosten in Euro/Jahr	1.269,00 €	1.269,00 €	1.269,00 €	1.269,00 €	1.269,00 €
Angebaute Frucht	Weizen	Weizen	Weizen	Weizen	Weizen
Bezeichnung Dünger/PSM	Kalkammon-Salpeter 27% N	Kalkammon-Salpeter 27% N	Kalkammon-Salpeter 27% N	Kalkammon-Salpeter 27% N	Kalkammon-Salpeter 27% N
Aufwandmenge pro ha in dt/Jahr	gleich 175 kg N/ha	6,5	6,5	6,5	6,5
Faktorpreis Dünger/PSM exkl. Mwst. in Euro/dt	22,00 €	22,00 €	22,00 €	22,00 €	22,00 €
Düngeaufwand in Euro/ha	143,00 €	136,19 €	130,00 €	124,35 €	119,17 €
Minderfaktor aufwand in Euro/ha Jahr		6,81 €	13,00 €	18,65 €	23,83 €
Minderfaktor aufwand in Euro/Jahr bei verschiedenen Betriebsgrößen in ha					
Szenario 1: 50		340,48 €	650,00 €	932,61 €	1.191,67 €
Szenario 2: 100		680,95 €	1.300,00 €	1.865,22 €	2.383,33 €
Szenario 3: 1000		6.809,52 €	13.000,00 €	18.652,17 €	23.833,33 €
Mindestbetriebsgröße in ha		186 ha	98 ha	68 ha	53 ha
Jährlicher Gewinn/Verlust in Euro/Jahr bei verschiedenen Betriebsgrößen in ha					
Szenario 1: 50		- 928,52 €	- 619,00 €	- 336,39 €	- 77,33 €
Szenario 2: 100		- 588,05 €	31,00 €	596,22 €	1.114,33 €
Szenario 3: 1000		5.540,52 €	11.731,00 €	17.383,17 €	22.564,33 €

Tab. 1: Gewinnvergleichsrechnung Drohne

Dies hängt damit zusammen, dass die notwendige Mindestbetriebsgröße von einer großen Anzahl an verschiedenen Faktoren abhängig ist. Vor allem die Art des Düngemittels sowie die jeweilige Aufwandmenge haben einen bedeutenden Einfluss auf die wirtschaftliche Mindestbetriebsfläche. Weitere berechnete Szenarien zeigen, dass mit einer Veränderung der anzubauenden Frucht wie zum Beispiel Winterweizen, Mais und Grün-

land und der damit einhergehenden Reduktion der Aufwandmenge die notwendige Mindestbetriebsgröße bei einer 20 %-Einsparung an Stickstoff auf 75 Hektar ansteigt. Fügt man der grundlegenden Annahme der Einsparung an Betriebsmitteln hinzu, dass die Anschaffungskosten in den nächsten Jahren signifikant sinken, wie es einige Experten vermuten, und sich der Anschaffungspreis um 50 % verringert, so liegt bei 20 % Einsparung an Stickstoff die wirtschaftliche Einsatzschwelle bei 27 Hektar. Vergleicht man die Mindest-einsatzflächen von Drohnen, wie sie in der obigen Tabelle dargestellt sind, mit den Ergebnissen eines YARA N-Sensor ALS, welcher unter gleichen Bedingungen berechnet ist, zeigt sich im Ergebnis, dass die Drohne im Vergleich knapp ein Viertel der Fläche benötigt, um sich bei einer Einsparung von 20 % an Stickstoff wirtschaftlich zu rechnen. Neben den enormen Investitionskosteneinsparungen ist es durch die Nutzung einer Drohne zudem möglich, dass Arbeitszeit eingespart wird. Durch Arbeitszeiteinsparungen, welche jedoch noch nicht exakt quantifizierbar sind, allerdings ein enormes Potenzial aufweisen, kann die wirtschaftliche Betriebsfläche weiter verringert werden.

Der größte ökonomische Vorteil ist erzielbar, wenn die Interoperabilität der Systeme sowie rechtliche Barrieren gelöst werden und die verwendeten Systeme miteinander verknüpft verwendet werden können. Zudem ist es notwendig, dass Farmmanagementsysteme entwickelt werden, welche als intelligentes System die Koordination und Überwachung der anderen Systeme übernehmen, und Drohnen sowie Roboter und Automaten als Operatoren eingesetzt werden. Durch diese Technologien wird es in Zukunft möglich sein, noch pflanzen- und tierindividuellere Maßnahmen durchzuführen. Zudem ist es durch den Einsatz möglich, dass Prozesse entlang der Wertschöpfungskette transparenter dargestellt werden können.

Literaturverzeichnis

- [BM18] BMEL, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Landwirtschaft verstehen – Fakten und Hintergründe. BMEL Referat 121, Berlin, 2018.
- [DB17] Deutscher Bauernverband: Situationsbericht 2017/2018. Deutscher Bauernverband und Agrarmarkt-Informationen-GmbH, Berlin, 2017.
- [RDM07] Rösch, C., Dusseldorp, M. und Meyer, R.: Precision Agriculture – Landwirtschaft mit Satelliten und Sensoren. Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt am Main, 2007.
- [Sc11] Schneider, M.: Ökonomische Potenziale von Precision Farming unter Risikoaspekten. Shaker Verlag, Aachen, 2011.
- [St18] Statistisches Bundesamt: Anzahl der Betriebe in der Landwirtschaft in Deutschland nach genutzter Fläche in den Jahren 2007 bis 2017 (in 1.000). Statista, Hamburg. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/176789/umfrage/landwirtschaftliche-betriebe-nach-genutzter-flaeche/>, Stand 24.09.2018.

Digitale Plattform zur Parasitenbekämpfung

Gesunderhaltung von Honigbienenvölkern in kleinstrukturierten Regionen

Jochen Georg Wiecha¹ und Heinz Bernhardt¹

Abstract: Diese Arbeit stellt eine neue Plattform zum Informationsaustausch für Imker vor. Dadurch kann die Entwicklung des Parasiten Varroamilbe (*Varroa destructor*) auch in kleinstrukturierten Regionen sehr gut nachverfolgt werden. Tierhalter werden frühzeitig über massive Parasitenvermehrung informiert und können Gegenmaßnahmen ergreifen. Vorgestellt werden der Ablauf der Datengewinnung jedes Akteurs und methodische Besonderheiten in der Datenverarbeitung. Dies ist notwendig, um den speziellen Anforderungen des Nutztiers Biene gerecht zu werden. Anbieter der Plattform sollen Fachzentren und Behörden sein, um Unabhängigkeit und Anonymität zu gewährleisten. So kann flächendeckend ein Interesse zur Teilnahme erreicht werden.

Keywords: Bienen, Digitale Plattform, Parasitenbekämpfung, Varroa, Reinvation

1 Einleitung

Die Imkerei hat sich in den letzten Jahrzehnten in Mitteleuropa unterschiedlich entwickelt. Einige Staaten bauten aufgrund ihrer guten Marktstellung am Weltmarkt die Bestände ihrer Honigbienenvölker stark aus [Mo14]. Andere Länder mussten langfristige erhebliche Einbußen hinnehmen. Dies ging einher mit einer anderen Tendenz in der professionellen Ausbildung der Tierhalter. In weiten Teilen Europas wird die Imkerei deshalb vor allem in kleinstrukturierten Gebieten meist nur als Hobby betrieben [Ch13]. Das hat jedoch gravierende Auswirkungen auf die gesamten Bestände der Bienen in einer Region.

Bienen sind „flying livestock“. Bei einer, meist durch den Imker, herbeigeführten unnatürlichen Massierung an einem Standort kann es schnell zur Übertragung von Krankheiten unter den Bienenvölkern kommen. Interaktion zwischen Bienenvölkern ist immer negativ [WWB18]. Zwei dieser negativen Effekte sind „Räuberei“ und „Reinvation“. Stehen die Bienenvölker dicht an dicht, versuchen starke Bienenvölker kranke und von einer hohen Parasitierung durch die Varroamilbe geschwächte Völker auszurauben, ihnen den Honigvorrat zu entziehen und die gegnerische Brut zu vernichten. Das beraubte Bienenvolk hat keine Chance. Reinvation ist dann die Folge, denn die räubernden Bienen bringen auf sie übergessene Varroamilben in ihren Heimatbienenstock mit zurück [Ar07]. Gesunde, starke und schon durch den Tierhalter behandelte Bienenvölker

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising, wiecha@wzw.tum.de, heinz.bernhardt@wzw.tum.de

können so schnell erneut vor einer massiven Parasitierung stehen, die sie vielleicht nicht mehr erfolgreich überwintern lassen.

Das Problem der Reinvasion ist handhabbar mit Informationsaustausch unter Imkern. In kleinstrukturierten Regionen hilft auch die Mitgliedschaft in einem Imkerverband, den Informationsfluss zu gewährleisten. Doch viele Imker sind nicht in Vereinen organisiert oder kennen nicht alle weiteren Tierhalter in der Region. Die in dieser Veröffentlichung vorgestellte, neue digitale Austauschplattform soll diesen Mangel beheben.

2 Methode und Struktur des Datenflusses

Bekannt sind bereits Austauschplattformen zur Behandlung von Bienenvölkern (www.varroawetter.de [D118]) und zu errichteten Sperrbezirken der anzeigepflichtigen Krankheit „Amerikanische Faulbrut“ [Ts18]. Auch Netzwerke zur Trachtmeldung existieren bereits [Fb18].

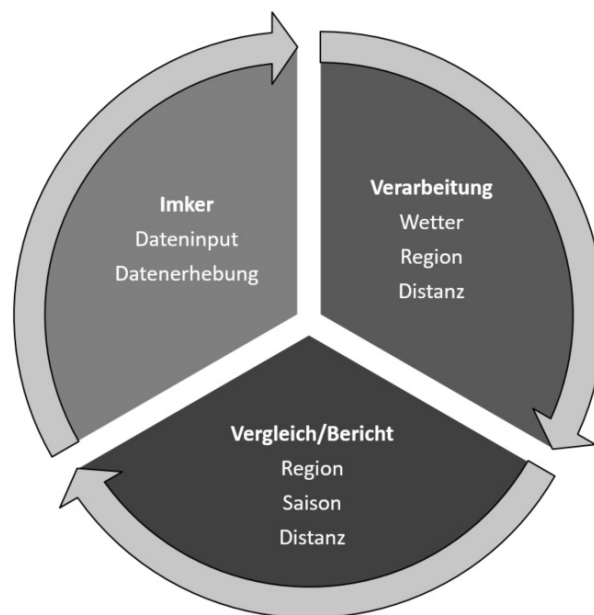


Abb. 1: Flowchart der Datenumsetzung

2.1 Daten des Imkers

Der Imker erhebt durch Auszählen des natürlichen Totenfalls der Milben [Ma84] oder durch die Puderzuckermethode regelmäßig Befallszahlen. Diese gibt er unter einem Account in eine Datenmaske online ein. Zusätzlich wird er einmal pro Jahr nach Abständen zu weiteren Bienenhaltungen in seiner Region gefragt. Diese Daten fließen zur Risikobewertung später ein.

2.2 Daten aus externen Quellen

Neben den Wetterdaten und der Vorhersage für die nächsten Tage wird in der digitalen Austauschplattform einmal jährlich die theoretische Bienendichte jedes Landes hinterlegt. Mit den unter 2.1 erhobenen Daten der Imker zu weiteren Bienenhaltungen wird ein Score-Wert errechnet, der die Unter- oder Überdurchschnittlichkeit des Risikos für Interaktion zwischen Bienenvölkern aufgrund fehlender Distanz bewertet.

2.3 Verarbeitung der Daten

Da in Imkerkreisen regelmäßig starke Zurückhaltung im Umgang mit Informationen zu beobachten ist, ist eine Anonymisierung durchzuführen. Dies beginnt bei Anlage des Accounts, der keiner Klarnamen bedürfen sollte. Des Weiteren ist der eigene Standort der Bienenvölker zwar genau anzugeben, jedoch wird später ein Wert für die Region ausgegeben. Kein Imker sieht, in welcher Weise weitere Tierhalter Daten eingegeben haben. Eine dennoch sinnvolle Verrechnung der Werte ist die Kernaufgabe der Datenplattform. Könnte keine Anonymität implementiert sein, würden viele Imker vor dem neuen Angebot zurückschrecken.

2.4 Ausgabe der Daten an Imker

Nur durch die Teilnahme der Imker am Datenaustausch erhalten diese im Umkehrschluss auch Daten aus der Plattform. Angeboten wird ein Risikowert zum Auftreten von Interaktion zwischen Bienenvölkern. Er errechnet sich aus den unter 2.1 eingegebenen Werten zu Abständen weiterer Imkereien und aus Eingaben zu dieser Abfrage anderer teilnehmender Imker in der Plattform, für die die Plattform aus den Standortdaten eine Annäherung zum abfragenden Imker errechnet.

Im Hauptteil des Informationsberichts der Austauschplattform an den abfragenden Imker sieht er zuerst seine durch eigene Eingaben erzeugte Entwicklung der Parasitenpopulation. Hinzu kommt nun die Entwicklung der Varroamilben der weiteren, an der Plattform beteiligten Imker. Die Datenabfrage beinhaltet also einen Vergleich zu den im Umkreis befindlichen Tierhaltern in Bezug zu ihrer Entfernung zum aktuellen Standort des abfragenden Imkers.

2.5 Ausgabe der Daten an Partner aus den Verbänden

Verwalter der Datenplattform, Imkerverbände und auch Bienenfachzentren können mit einem besonderen Zugang zur Austauschplattform versorgt werden. Ihnen wird damit die Möglichkeit gegeben, in größerem Zusammenhang die Daten auszuwerten und gegebenenfalls Imker in einer bestimmten Region über die Presse zu warnen. Dies ist ein weiterer Schutzeffekt der digitalen Austauschplattform, welche eine positive Wirkung auf den Gesundheitszustand der Bienenvölker insgesamt in einer Region hat. Zusätzlich schützt der Verwalter der Plattform alle Teilnehmer vor Missbrauch, indem er regelmäßig Stichproben auf schlüssige Dateneingabe durchführt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Das Ergebnis ist eine serverbasierte Webseite mit Datenbankanbindung. Eine Abfragemaske für jeden der Akteur-Typen der Datenplattform gewährleistet korrekte Daten und vermeidet Fehler. Anonymität wird durch nicht-personenbezogene Nutzernamen erreicht. Die Lokalisierung der Standorte wird in der Ausgabe verpixelt dargestellt und lässt nur näherungsweise Schlüsse auf Anzahl und Standort weiterer Imker zu.

Ein Erfolg der Datenplattform ist abhängig von der Anzahl und der regionalen Verteilung der teilnehmenden Imker. Dies wird in der ersten Startphase das größte Hemmnis sein. Grundsätzlich sollte ein öffentlicher Träger die Plattform anbieten, jedoch gleichzeitig auf personenbezogene Daten zugunsten der Daten über die Nutztiere verzichten.

Regional ist nicht gleich regional. So wird es für jedes Land oder jeden Staat eine eigene, betreuende Einrichtung geben müssen, um auf lokale Unterschiede in angemessener Weise eingehen zu können. Daraus kann aber auch der Vorteil gezogen werden, dass Parasitenpopulationen in anderen Klimaregionen mit den in der eigenen Region herrschenden Wetterbedingungen verglichen werden können. In diesem Zusammenhang gelingt eine Vorausschau, welche im Zuge der globalen Erwärmung und der bevorstehenden massiven Veränderungen in Bienenvölkern hinsichtlich Parasitierung angenommen wird.

Abbildung 2 zeigt die Kernaussagen für einen Bericht an den Imker nach der Datenaufbereitung in der Austauschplattform. Mit den Hinweisen aus dem Bericht können weitere Empfehlungen verknüpft werden.

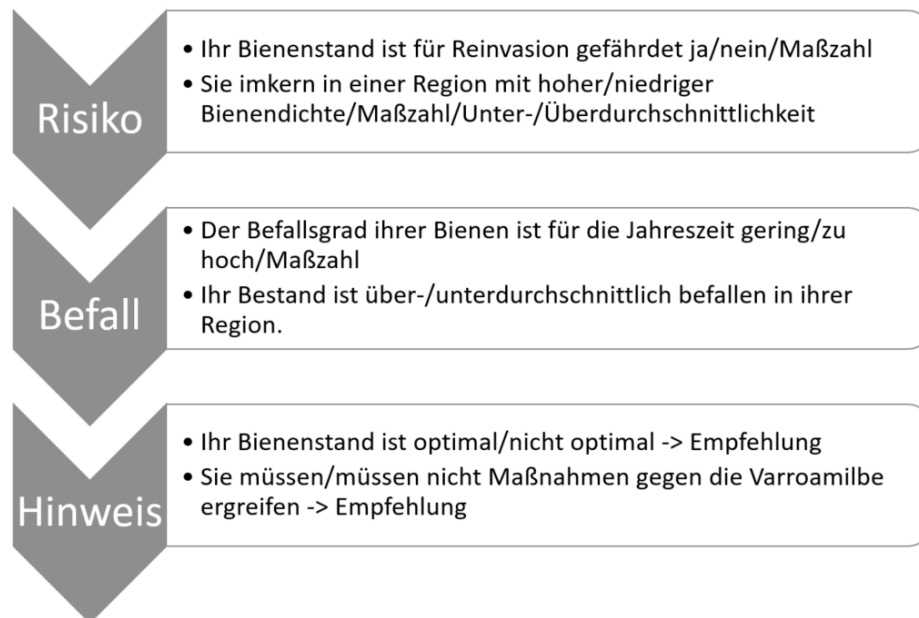


Abb. 2: Bericht der Austauschplattform

4 Schlussfolgerung

Mit der hier vorgestellten neuen Plattform zum Datenaustausch erhalten Imker ein neues Werkzeug zur Gesunderhaltung ihrer Bienenvölker. Dabei ist großer Wert auf eine unabhängige Einrichtung des Angebotes zu legen. Jeder Staat sollte mit einer einheitlichen Plattform und Datenverarbeitung starten, worin dann Anpassungen für die regionalen Gegebenheiten eingepflegt werden. Nur so kann auch in kleinstrukturierten Räumen eine schnelle Verbreitung der Datenaustauschplattform stattfinden. Eventuell kann auf weitere durch Tierhalter erhebbare Daten das in dieser Arbeit vorgestellte System Anwendung finden.

Literaturverzeichnis

- [Ar07] Arbeitsgemeinschaft der Institute der Bienenforschung e.V. Varroa unter Kontrolle, Deutscher Landwirtschaftsverlag, München, 2007.
- [Ch13] Chauzat M-P, Cauquil L, Roy L, Franco S, Hendriks P, et al.: Demographics of the European Apicultural Industry. PLoS ONE 8(11): e79018. doi:10.1371/journal.pone.0079018, 2013.
- [DI18] Dienstleistungszentren ländlicher Raum: Varroawetter. DLR Rheinland Pfalz, abgerufen unter: www.varroawetter.de am 16.10.2018
- [FI18] Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit: Tierseucheninformationssystem. Abgerufen unter: https://tsis.fli.de/Reports/Info_SO.aspx?ts=902&guid=a95d2017-6bf4-499e-8225-b51f15397224 am 16.10.2018.
- [Fb18] Fachzentrum Bienen und Imkerei: Trachtnet-Waagen. Abgerufen unter: http://www.bienenkunde.rlp.de/Internet/global/inetcnr.nsf/dlr_web_full.xsp?src=X9G7276H32&p1=F0O6NVM2F0&p3=5PW3P32TF7&p4=HY3576SY58 am 16.10.2018
- [Ma84] Maul, V.: Estimation of the degree of Varroa infestation by observation of the natural mortality of Varroa mites. Arbeitsgemeinschaft der Institute fuer Bienenforschung, Stuttgart-Hohenheim, 13-15 March 1984. S. 243-244, 1984.
- [Mo14] Moritz, R.F.: Die Ursachen des weltweiten Bienensterbens. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 43 "Soziale Insekten in einer sich wandelnden Welt", Verlag Dr. Friesdrich Pfeil, München, S. 87-94, 2014.
- [WWB18] Wiecha, J.G.; Wörz, S.; Bernhardt, H.: Predictive Systems Model Simulating The Development Of Beehives And Honeybee Population (*Apis mellifera*) In Professional Apicultures. AgEng conference, Wageningen, Netherlands, 2018.

Digitale Interpretation des Tierwohls während Transportfahrten mit Schweinen

Non-invasive Technologien für mehr Tierwohl nutzen

Jochen Georg Wiecha¹, Kathrin Lina Martha Ziegler¹ und Heinz Bernhardt¹

Abstract: Stressoren sind für Schweine auch Lärm und Vibration. So wurden in dieser Untersuchung mittels Schallpegelmessgerät und Drei-Achsen Beschleunigungssensor die Emissionen während Tiertransporten protokolliert und ausgewertet. Im Vergleich mit internationalen Studien zeigt sich im Ergebnis, dass bei Benutzung von Landstraße, Schnellstraße und Autobahn Lärmpegelüberschreitungen jenseits der 85 dB auftreten und anhaltend auf die Tiere einwirken können. Durch die Auswertung der Beschleunigungswerte ergibt sich ein Bild des Fahrstils des Kraftfahrers und ein Feedback zur gewählten Strecke. Dabei kommen auch die Straßenverhältnisse und Unebenheiten im Fahrbahnbelag klar zum Vorschein. Die Ergebnisse aus den protokollierten Fahrabschnitten aus Tiertransporten mit Schweinen zeigen einen deutlichen Verbesserungsbedarf, um das Tierwohl, insbesondere für Schweine, auf dem Weg zum Schlachthof zu sichern. Neben Schallreduzierungen kann das neue, hier vorgestellte Messverfahren auch Navigationsdaten und Daten aus dem Tachografen im Zugfahrzeug ergänzen. Für Behörden und Kontrollorgane steht somit eine innovative Möglichkeit zur Überwachung zur Verfügung.

Keywords: Tierwohl, Schwein, Tiertransport, Schallemissionen, Erschütterungen, Vibrationen

1 Einleitung

Intensive Tierhaltung ist die Grundlage für eine steigende Anzahl von Tiertransporten [Di13]. International werden dabei auch große Entfernungen mit dem LKW auf der Straße absolviert. Nutztiere sollen durch zahlreiche Rechtsvorschriften vor physischen Stressoren geschützt werden.

Ein besonderes Problem existiert beim Transport von Schweinen zum Schlachthof, entscheiden doch die letzten Stunden vor der Schlachtung bei diesem Nutztier maßgeblich über die Qualität des Fleisches [BA15]. Maßnahmen zur Temperierung von Ladebereichen in Transportfahrzeugen sind etabliert und werden bereits angewendet. Jedoch ist nur die Kontrolle der Temperatur ein lückenhafter Ansatz im Bestreben, Tierwohl auch während Transportfahrten zu verbessern.

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising, wiecha@wzw.tum.de, kathrin.ziegler@tum.de, heinz.bernhardt@wzw.tum.de

Stressoren sind aber auch einwirkende Schallquellen mit erheblichem Schallpegel und mit lang andauernder Einwirkung auf die Tiere. Vibrationen und Erschütterungen führen bei Schweinen ebenfalls zu Stresserleben [Eu02]. Zur Vorbeugung und Minderung der hier beschriebenen Stressoren muss zunächst ihr Ausmaß und ihre Einwirkdauer bestimmt werden. Hierzu wird in dieser Arbeit der Tierwohlfahrtschreiber vorgestellt.

2 Material und Methode

2.1 Analyse der Stressoren

Da Schweine in heutigen konventionellen Betrieben zumeist in einer relativ gleichbleibenden Umgebung mit kontrollierten Einflüssen (z. B. Lichtdauer) leben, besitzen sie schlechtere Adaptationsfähigkeiten an die Umwelt [GF17]. Am Schlachttag kommt es zu einer Reihe von Abläufen, die für die Tiere ungewohnt und daher prädestiniert sind, um Stress auszulösen. Die Transportphase ist dabei als besonders kritisch zu betrachten, da sie gleich mehrere Stressfaktoren kombiniert, die negativ auf das Tierwohl wirken. Neben multiplen Herausforderungen, die sich aus dem Ver- und Ausladen, der Transportdauer und Tierdichte ergeben, ist ebenfalls Vibration ein Stressor, der sich negativ auf das Tierwohl auswirken kann [BA15]. Ebenso führen [Ge98] an, dass Schweine auf industrielle Geräusche generell deutlich stressanfälliger reagieren als auf die (gestressten) Geräusche ihrer Artgenossen.

Ferner konnte nachgewiesen werden, dass sich Lautstärken >85 dB negativ auf zahlreiche physiologische Funktionen wie z. B. die Herzfrequenz oder Hormonausschüttung auswirken und daher ein signifikanter Einfluss auf die Fleischqualität bezüglich der Entstehung von „Pale Soft and Exudative Meat“ (PSE) und „Dark Firm and Dry Meat“ (DFD) besteht [MM09] [Ve15a] [Ve15b]. [Ve15b] folgern daher, dass eine Lautstärke von 85 dB (A) als das Maximum während aller Phasen vor dem Schlachten anzunehmen ist; nicht nur in Anbetracht der Einflüsse auf das Tierwohl, sondern auch, um qualitativ hochwertiges Fleisch zu erhalten.

Schall kann aber nicht nur auditiv, sondern auch taktil als Vibrationen wahrgenommen werden. Vibration und/oder Erschütterung suggeriert die unmittelbare Hörbarkeit und Fühlbarkeit des Vorgangs einer periodischen, mechanischen Schwingung [Ha96] [Eu07]. Studien belegen, dass sie sowohl als positiv (z. B. im Rahmen von Konzerten) als auch negativ (z. B. Haus neben Bahnstrecke) empfunden werden und Auswirkungen auf die Gesundheit haben können [SH86] [Ba04] [FG11] [Gi15].

2.2 Methode der Datenaufnahme

Die Erfassung des Schalls wurde mit dem digitalen SL-451 Schallpegelmessgerät der Firma Voltcraft (Conrad Electronics AG, Wollerau/Schweiz) vorgenommen. Zusätzlich

wurde ein Beschleunigungssensor ADXL330 der Firma Mikro Elektronika (Belgrad/Serbien) zur Messung der beschleunigten Bewegung verwendet, um Geschwindigkeitszu- und -abnahmen und damit korrelierte Vibrationen/Erschütterungen, z. B. durch Abbremsvorgänge, detektieren zu können. Abbildung 1 zeigt eine Übersicht.

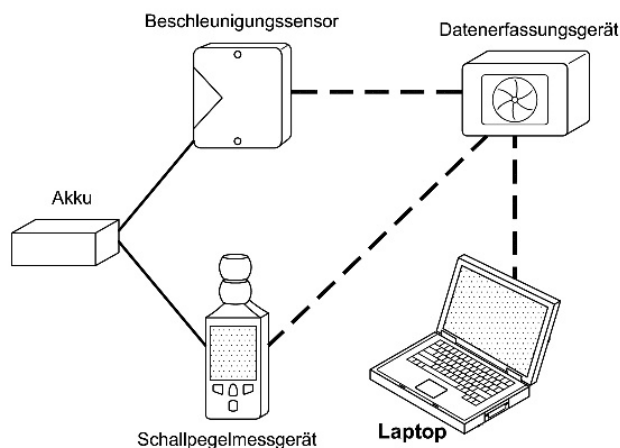


Abb. 1: Übersicht der Datenaufnahme in den Versuchen

2.3 Auswertung der Messdaten

Die Kategorisierung der Messungen während der Transportfahrt wurde anhand festgelegter Streckencharakteristika vorgenommen. Unterschieden werden Ladevorgang ohne Fahrt, Landstraße außer Ort, Verbindungs- und Gemeindestraße, Straße innerorts, Autobahn, Stadtverkehr, Schnellstraße und Stau (Autobahn). Mittels R Statistik Software wurden die Ergebnisse anschließend ausgewertet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Streckentypen **Autobahn**, **Schnell-** und **Landstraße** zeigen die höchsten Abweichungen bei relativ ähnlicher, geringer Streubreite der Daten. Die Gleichrangigkeit der drei Streckentypen lässt sich durch den Anstieg der Strömungsgeräusche mit steigender Geschwindigkeit erklären (ab Fahrgeschwindigkeiten von etwa 100 km/h kann das sogenannte *Windgeräusch* die von Motor und Reifen herrührenden Geräuschanteile überdecken. Dem gegenüber steht der **Ladevorgang** mit großer Streubreite und den bei den gesamten Messungen größten Ausreißern (von >40 dB bis zu >100 dB). Diese Ergebnisse stützen die These, dass der Ladevorgang als der kritischste Abschnitt der gesamten Transportperiode zu sehen ist [MM09] [GF17]. Zu den Ursachen der oberen Ausreißer zählen das Türenschielen und

die Stresslaute der Tiere während des Verladevorgangs, zu denen der unteren das Anhalten und Abstellen des Motors vor Beginn des Ladevorgangs. **Innerorts, Stadtverkehr, Stau Autobahn** und **Verbindungsstraße** zeigen eine ähnliche Datenverteilung mit ähnlichen Whiskern. Auffallend sind hier die sehr weiten und regelmäßigen Ausreißer nach unten im **Stadtverkehr**, welche durch die eintretende Beruhigung der Tiere bei über längere Zeit konstant gefahrener Geschwindigkeit und damit auch konstanter Lautstärke eintreten könnten.

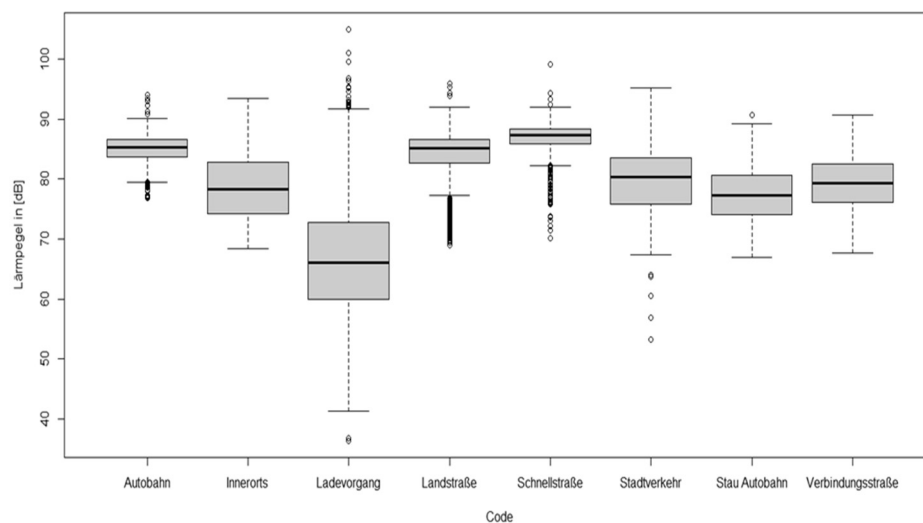


Abb. 2: Lärmpegel in Abhängigkeit des gefahrenen Streckenabschnitts

Der Streckenabschnitt **Verbindungsstraße** zeigt einerseits eine deutlich größere Streubreite der Daten als die restlichen Abschnitte und andererseits die größten, ausreißenden Werte, sowohl in den oberen, als auch in den unteren Bereich. Es liegt daher die Vermutung nahe, dass dieser Streckentyp generell ein höheres Kurvenaufkommen aufweist, die Kurven unterschiedlicher Natur sind (kurz/lang beziehungsweise eng/weit) und daher unterschiedlich durchfahren wurden (gebremst/ungebremst). Die restlichen Streckenabschnitte präsentieren sich relativ homogen; **Innerorts** und **Stadtverkehr** haben allerdings eine große Menge an Ausreißern. Dies ist durch das häufige Durchfahren von Wohngebieten zu erklären, in welchen allgemein engere, kurvigere Verhältnisse und mehr Notwendigkeit zu bremsen besteht. Bei **Autobahn** und **Stau Autobahn** entstehen logischerweise, aufgrund der kurvenlosen und mit relativ konstanter Geschwindigkeit gefahrenen Strecke, keine Ausreißer nach oben.

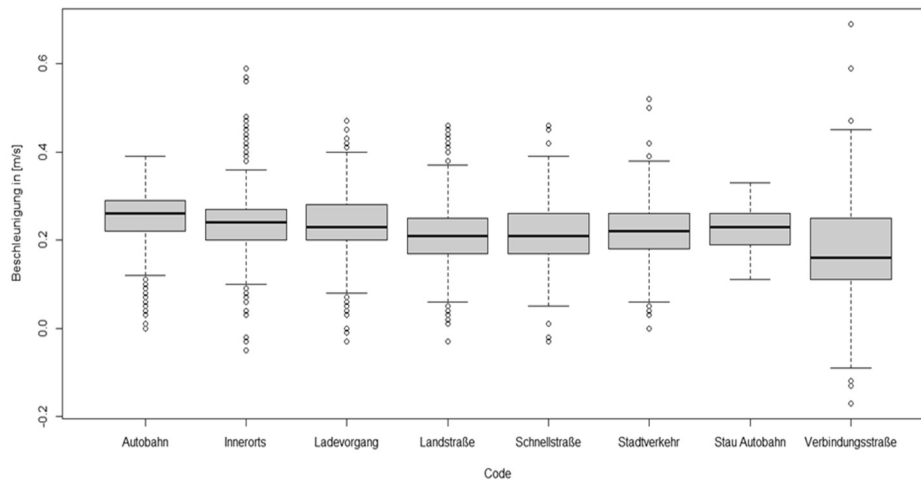


Abb. 3: Kurvenverhalten in Abhängigkeit des Straßenabschnitts

4 Schlussfolgerung

In der vorliegenden Arbeit wurde nachgewiesen, dass es Überschreitungen beim Lärmpegel gibt, welche mit den Werten aus der Literatur als kritisch gesehen werden können. Allgemein können die auftretenden Geräusch- und Vibrationsemissionen, die im Zuge des Tiertransports auftreten, in zwei Bereiche gegliedert werden. Ersterer umfasst alle *unvermeidbaren* Emissionen wie zum Beispiel Beschleunigungsvorgänge bei der Autobahneinfahrt oder beim Übergang Innerorts-Landstraße, an der Karosserie auftretende Strömungsgeräusche durch Wind, Motorgeräusche und die Abrollgeräusche der Reifen auf dem Straßenbelag. Der zweite Bereich wird von den *vermeidbaren* Geräuschemissionen gebildet, zu denen beispielsweise das Türenschiessen beim Verladen, der Hauptteil des Kurvengeschehens und in begrenztem Umfang das Bremsen zählen.

Im nächsten Schritt werden die Werte zum Schallpegel aus Soundaufnahmen extrapoliert, um ein günstiges Gerät herstellen und am Markt platzieren zu können. Dies wird unter Kalibrierung mit dem bestehenden System aus 2.2 erfolgen.

5 Danksagung

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. Bernhardt und Frau Kathrin Ziegler für die umfangreiche Arbeit am Projekt und dem Transportfahrer Christian für die Möglichkeit, Transporte mit Tieren zu begleiten. Herzlichen Dank.

Literaturverzeichnis

- [Ba04] Babisch, W.: Die NaRoMi-Studie (Noise and Risk of Myocardial Infarction). Auswertung, Bewertung und vertiefende Analyse zum Verkehrslärm. Umweltbundesamt. In: WaBoLu-Hefte 02/04, S. 1-59, 2004.
- [BA15] Brandt, P.; Aaslyng, M.D.: Welfare measurements of finishing pigs on the day of slaughter. In: Meat Science, Vol. 103, S. 13-23, 2015.
- [Di13] Dirscherl, C.: Fleischkonsum und Tierhaltung in der aktuellen gesellschaftsethischen Debatte. Band 91, Heft 3, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2013.
- [Eu02] European Commission, Health&Consumer Protection Directorate-General: The welfare of animals during transport. (details for horses, pigs, sheep and cattle). Unter Mitarbeit von Don Broom et al.: Report of the Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare, 11 March, 2002.
- [Eu07] EU-Handbuch GKV: Ganzkörper-Vibration. Rechtlich nicht bindendes Handbuch im Hinblick auf die Umsetzung der Richtlinie 2002/44/EG über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer für Arbeit und Soziales, Potsdam, 2007.
- [Ha96] Harris, C.M.: Shock and vibration handbook. 4. Ed. New York: McGraw Hill, 1996.
- [FG11] Fischer, G.; Günther, W.A.: Ganzkörper-Vibration intensiv untersucht. Simulation des Schwingungsverhaltens von Flurförderzeugen. In: Hebezeuge Fördermittel 51(4), S. 180-183, 2011.
- [Ge98] Geverink, N.A.; Buhmann, A.; Van de Burgwal, J.A.; Lamooij, E.; Blokhuis, H.J.; Wiegant, V.M.: Responses of slaughter pigs to transport and lairage sounds. In: Physiol. Behav. 63, S. 667-673, 1998.
- [Gi15] Giering, K. et al.: Gesundheitliche Auswirkungen von Bahnlärm. Kernaussagen zur Gesundheit und Eckpunkte zur Verbesserung der gesetzlichen Regelungen. Fachgespräch Umweltministerium, Nordrhein-Westfalen, 20.04.2015, 2015.
- [GF17] Goumon, S.; Faucitano, L.: Influence of loading handling and facilities on the subsequent response to pre-slaughter stress in pigs. In: Livestock Science 200, S. 6-13, 2017.
- [MM09] Marchant-Forde, J.N.; Marchant-Forde, R.M.: Welfare of pigs during transport and slaughter. In: J.N. Marchant-Forde and R.M. Marchant-Forde: The Welfare of pigs. Springer Verlag, Berlin, S. 301-330, 2009.
- [SH86] Seidel, H.; Heide, R.: Long-term effects of whole-body vibration: a critical survey of the literature. In: Int. Arch Occup Environ Health 58 (1), S. 1-26, 1986.
- [Ve15a] Vermeulen, L.; van de Perre, V.; Permentier, L.; Bie, S.; de Verbeke, G.; Geers, R.: Pre-slaughter handling and pork quality. In: Meat Science 100, S. 118-123, 2015.
- [Ve15b] Vermeulen, L.; van de Perre, V.; Permentier, L.; Bie, S.; de Verbeke, G.; Geers, R.: Sound levels above 86 db pre-slaughter influence pork quality. In: Meat Science 100, S. 269-274, 2015.

„Weniger ist mehr“: Optimierte Düngemittelplanung bei simultaner Steigerung der Gewinnmarge kleiner und mittlerer landwirtschaftlicher Betriebe

Michael Wörle¹ und Tobias Gaugler²

Abstract: Die Europäische Kommission hat Deutschland angeklagt, gegen Verpflichtungen zum Schutz der Gewässer verstoßen zu haben. In der Folge ist im Jahr 2017 eine neue Düngeverordnung in Kraft getreten. Sie beinhaltet strengere Richtwerte in Bezug auf die Stickstoff- und Phosphatdüngung. Aufgrund der Komplexität der Verordnung stehen insbesondere Betriebe, die im Nebenerwerb bewirtschaftet werden, vor der Herausforderung, sich zeitintensiv in die Neuregelung einzuarbeiten. Zur deren Unterstützung wurde ein entscheidungsunterstützendes Programm entwickelt. Dieses ermittelt zunächst schlagspezifisch die (1) *gesetzlich* zulässige, maximale Düngemenge. Hierauf aufbauend wird (2) die *ökonomisch* optimale Düngemenge ermittelt, mit welcher sich (statt des oftmals üblichen Ziels einer Ertragssteigerung) der höchste Geldrohertrag erreichen lässt. Ferner wird heuristisch ermittelt, (3) welche marktseitig verfügbare Kombination von Düngemitteln mit *ökonomisch* minimalen Auszahlungen beschaffbar ist. Bei Testläufen auf sechs Betrieben mit im Durchschnitt 50 ha ergeben sich – bei Einhaltung der Düngeverordnung – im Rohertragsmaximum eine Düngemittel-Reduktion i.H.v. 5,1 % und eine weitere Reduktion um 3,9 % durch den Einsatz der Auswahl-Heuristik.

Keywords: Düngeverordnung, Düngeplanung, Optimierung, Gewinnmarge, Kostensenkung

1. Relevanz und Aktualität von Düngemittelplanung

Die Düngung von Pflanzen ist für Landwirte weltweit ein Thema von großer Bedeutung. So beschreiben Ladha et al. die grundlegende Rolle von Stickstoffdüngemitteln für die Getreideproduktion, welche für die Entwicklung der Weltbevölkerung grundlegend ist [La16]. Zhang und Zhang beschreiben vor diesem Hintergrund eine anhaltende Steigerung des weltweiten Düngemittelverbrauchs bis zum Jahr 2030 um 32,1 % im Vergleich zum Niveau von 2007 [ZZ07]. Aufgrund hoher Umweltemissionen von Stickstoff wurde Deutschland im April 2016 von der EU-Kommission angeklagt, gegen Verpflichtungen zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen verstoßen zu haben [EK16]. Die in diesem Zusammenhang initiierte und im Juni 2017 in Kraft getretene Neufassung der Düngeverordnung [Bu17], deren Umfang sich von 19 auf 43 Seiten erhöht hat, bringt für den einzelnen Landwirt

¹ Universität Augsburg, cand. M.Sc. Wirtschaftsingenieurwesen, Dorfstraße 12, 86492 Egling, michael-woerle@web.de

² Universität Augsburg, Institut für Materials Resource Management, Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät, Universitätsstraße 2, 86159 Augsburg, tobias.gaugler@mrm.uni-augsburg.de

komplexere Rahmenbedingungen und einen erhöhten Informations- und Dokumentationsbedarf mit sich. Dies stellt vor allem Betriebe im Nebenerwerb vor größere Herausforderungen, da die notwendige intensive Einarbeitung in die neuen gesetzlichen Regelungen aufgrund von Zeitmangel und fachlicher Komplexität oftmals nur erschwert möglich ist. Da in Deutschland derzeit ca. 52 % der Betriebe neben dem Hauptberuf geführt werden, ist die Entwicklung eines gesetzeskonformen und praktikablen Ansatzes zur Umsetzung der neuen Vorschriften auch für diese Betriebe von hoher Priorität [BM17].

2. Stand des Wissens und aktuelle Anwendungsgrenzen

Der Aktualität der Novelle der Düngeverordnung geschuldet bedarf es bis dato einer umfassenden wissenschaftlichen Aufarbeitung ihrer Implikationen. Demgegenüber bestehen aktuelle Angebote wie Next Düngeplanung (Ne18) oder Yara Plan (Ya18), die sich primär für größere landwirtschaftliche Betriebe eignen. Im Bereich der Digitalisierung liegen viele Neuentwicklungen mit Bezug zur Düngung vor. Vor allem die Sensorik an den landwirtschaftlichen Geräten ist auf immer mehr Betrieben im Einsatz. Diese können einerseits mechanisch arbeiten und dabei die Auslenkung eines Pendels bei der Bestandsüberfahrt erfassen. Eine andere Möglichkeit besteht in der indirekten Messung, bei der mittels optischer Sensoren auf den Ernährungszustand der Pflanze geschlossen werden kann. Jedoch erscheint diese Technologie erst ab einer Mindesteinsatzfläche von ca. 300 ha rentabel [Re14]. Vor diesem Hintergrund ist es Ziel dieses Beitrags, Landwirten mit kleiner oder mittlerer Betriebsgröße die Einhaltung der Düngeverordnung zu erleichtern [WG17]. Zugleich sollen Wege zu Ermittlung einer ökonomisch optimalen Düngemenge aufgezeigt werden.

3. Methodisches Vorgehen

Im Rahmen einer Anforderungsanalyse gilt es zunächst abzuklären, welche rechtlichen Vorgaben aus der – als Fließtext vorliegenden – neuen Düngeverordnung zu extrahieren sind [Bu17]. Ziel dieses Schrittes ist die Operationalisierung der gesetzlichen Anforderungen in formalen, mathematisch abbildbaren Zusammenhängen. Hierzu lassen sich 14 Variablen identifizieren, um den spezifischen Düngebedarf während der Vegetation zu berechnen [WD18]. So kann ein Kalkulationsschema abgeleitet werden, welches alle gesetzlichen Vorgaben incl. Nebenbedingungen (wie die Maximalmenge für organische Dünger) berücksichtigt und in ein Programm implementiert werden kann. Neben diesen gesetzlichen Restriktionen ist der Landwirt bei der Düngung mit weiteren Einflussgrößen und Rahmenbedingungen konfrontiert. Diese beziehen sich insbesondere auf die Bodenart, die Nährstoffversorgung der Böden, die Auswahl an Düngemitteln sowie das Zeitmanagement. Auch diese sind softwareseitig zu berücksichtigen. Die weitere Programmstruktur setzt sich aus den folgenden drei Komponenten zusammen.

In Schritt 1 erfolgt eine Düngebedarfsermittlung auf Basis von Daten, welche vom Landwirt bereitgestellt werden. Hierauf aufbauend ermittelt die Software vollautomatisch die schlagspezifischen, *gesetzlich* maximal erlaubten Düngemengen pro Hektar [WD18] des jeweiligen Betriebes für N, P, K, S und Mg.

In Schritt 2 wird die ökonomisch optimale Düngemenge ermittelt, mit welcher sich der höchste Geldrohertrag erzielen lässt. Wir zielen damit bewusst nicht auf eine (mengenbezogene Ernte-) Ertragsmaximierung ab. Stattdessen wählen wir eine geeignete monetäre Zielgröße, mit welcher der aus einer zusätzlichen Dünger-Gabe resultierende Mehrertrag abzüglich der damit verbundenen Mehrausgaben für den Kauf des Düngers ermittelt und maximiert werden kann. Um dies zu erreichen, erfolgt zunächst eine fruchtartbasierte Analyse, die abprüft, inwiefern die im ersten Schritt ermittelten, gesetzlichen Maximal-Düngemengen unter Berücksichtigung von aktuellen Düngerpreisen und Ausbringkosten reduziert werden können. Ziel hierbei ist es, den höchsten korrigierten Geldrohertrag (KGR) für jede Frucht zu bestimmen. Dieser maximiert nicht den Ertrag, sondern orientiert sich am größtmöglich erzielbaren Deckungsbeitrag für den Landwirt [He05]: Ausgehend von den Untersuchungen von Boguslawski (BOGU) und Schneider wurde dort auf Basis von 54 Versuchsergebnissen des Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) aus den Jahren 1996 bis 2009 der Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Ertrag von Pflanzen ermittelt (Ertragskurven). Unter Berücksichtigung der jeweiligen Stickstoffpreise sowie der aktuellen Erzeugerpreise kann die ökonomisch beste Menge formal ermittelt werden.

In Schritt 3 kommt eine neu entwickelte Heuristik zur Anwendung, um die *ökonomisch* günstigste Düngerkombination für die in den ersten beiden Schritten berechneten Düngemengen (N, P, K, S und Mg) zu ermitteln. Die Heuristik vergleicht bis zu 200 verschiedene in der Praxis verwendete Düngeansätze und übernimmt die jeweils finanziell günstigste Alternative in einen finalen Düngevorschlag.

Abbildung 1 verdeutlicht die zuvor beschriebenen drei Schritte des Programms, wobei diese Darstellungsform zusätzlich wiedergibt, welche Prozessschritte seitens des Landwirts getätigt werden, welche Schritte ein mit dem Programm vertrauter Berater übernehmen kann und welche Schritte bzw. Berechnungen durch das Softwareprogramm ausgeführt werden. Die Ziffern 1 bis 4 beziehen sich hierbei auf die Düngebedarfsermittlung (Schritt 1). Die programmseitig umgesetzte Ziffer 5 entspricht der N-Mengen-Reduzierung (Schritt 2) und Ziffer 6 der ebenfalls softwareseitig implementierten Heuristik (Schritt 3).

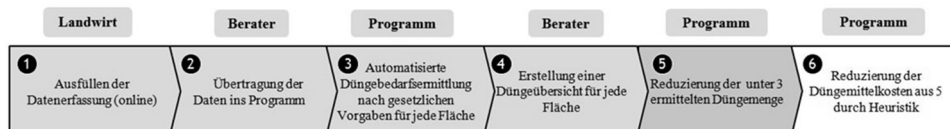


Abb. 1: Prozessuale Sicht mit Unterscheidung zwischen den Akteuren Landwirt, Berater und Programm

4. Ergebnisse und Umsetzungsperspektiven

Den Zielen des Beitrages entsprechend ermöglicht es das Programm, die gesetzlichen Vorgaben hinsichtlich der vorgeschriebenen Düngebedarfsermittlung und der Dokumentation vollständig zu erfüllen. Zudem fokussiert das Programm eine Maximierung des Deckungsbeitrags des Landwirts. Um die Wirksamkeit des Programms zu untersuchen, wird eine Versuchsserie mit sechs verschiedenen Betrieben durchgeführt, die ca. 300 ha umfasst. Bei der Ermittlung der ökonomisch optimierten Düngemenge, die für Weizen, Gerste, Raps und Zuckerrüben durchgeführt wird, zeigt sich, dass im untersuchten Referenzjahr 2018 für Weizen (minus 22 kg N/ha) und Zuckerrüben (minus 29 kg N/ha) eine deutliche Reduzierung der N-Düngung im Vergleich zur gesetzlich erlaubten Düngemenge – bei einer gleichzeitig maximalen Gewinnmarge – erreicht wird. Da bei den Testbetrieben bekannt ist, welche Düngemengen bzw. Düngemittel ohne Zuhilfenahme des Programms zum Einsatz gekommen wären, ist eine direkte Vergleichbarkeit gegeben und die Quantifizierung des Verbesserungspotenzials möglich. Findet zudem die Heuristik zur Auswahl der ökonomisch vorteilhaftesten Dünger-Kombination Anwendung, können wir die in Abbildung 3 dargestellten Ergebnisse der Versuchsserie reporten.

	Gesamtausgaben für Düngemittel ohne Programm	Gesamtausgaben für Düngemittel nach "BOGU"	Gesamtausgaben für Düngemittel nach "BOGU" und "Heuristik"	Kosteneinsparung durch "BOGU"	Kosteneinsparung durch "Heuristik"
Betrieb 1	7.761 €	7.674 €	7.674 €	-1,1%	0,0%
Betrieb 2	22.941 €	22.086 €	20.898 €	-3,7%	-5,4%
Betrieb 3	6.927 €	5.931 €	5.651 €	-14,4%	-4,7%
Betrieb 4	11.563 €	11.542 €	11.085 €	-0,2%	-4,0%
Betrieb 5	5.013 €	5.013 €	4.640 €	0,0%	-7,4%
Betrieb 6	34.390 €	30.470 €	29.949 €	-11,4%	-1,7%

Tab. 1: Absolute und relative Kosteneinsparung durch die Optimierung des Deckungsbeitrags (Vorgehen nach Heyn [He05] in Anlehnung an Boguslawski: „BOGU“) und dem Einsatz der Düngerauswahl-Heuristik

Eine weiter ausdifferenzierte Betrachtung der N-reduzierten Düngemengen, die sich aus der als ökonomisch optimal ermittelten Düngemenge ergeben, ist in Tabelle 2 wiedergegeben. Sofern dort keine Daten aufgeführt sind, wird die Frucht in diesem Betrieb nicht angebaut. Bei Betrieb 5 handelt es sich um einen reinen Grünlandbetrieb. In Abhängigkeit von der jeweiligen Bodenart, der erfolgten organischen Düngung, den angebauten Vorfrüchten sowie der Ertragserwartung können die N-Düngemengen für Weizen stets reduziert werden. Auch bei Zuckerrüben ist dies möglich. Für Gerste und Raps liegt die ökonomisch optimale Düngemenge im Versuch stets über der gesetzlich erlaubten, maximalen Düngemenge, weswegen hier keine Einsparungen erzielbar sind. Die Höhe der Einsparungen hängt neben der möglichen N-Reduzierung auch von der Anbaufläche der jeweiligen Kulturen im Betrieb ab.

		N-Düngung in kgN/ha			
		Weizen	Gerste	Raps	Zuckerrüben
Betrieb 1	Betriebsvariante	178	137	-	-
	N-reduziert	164	137	-	-
Betrieb 2	Betriebsvariante	189	-	-	-
	N-reduziert	166	-	-	-
Betrieb 3	Betriebsvariante	184	-	-	115
	N-reduziert	168	-	-	60
Betrieb 4	Betriebsvariante	184	137	178	-
	N-reduziert	164	137	178	-
Betrieb 5	Betriebsvariante	-	-	-	-
	N-reduziert	-	-	-	-
Betrieb 6	Betriebsvariante	178	-	-	123
	N-reduziert	166	-	-	60

Tab. 2: Düngemenge nach deckungsbeitragsoptimierter N-Reduzierung (je Betrieb)

Die ebenfalls detaillierter dargestellten Ergebnisse des Einsatzes der Düngerauswahl-Heuristik sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Es zeigt sich, dass Betrieb 1 auch ohne Programm-Unterstützung so gedüngt hätte, wie es die Programm-Heuristik vorsieht. Bei den anderen Betrieben lassen sich durch Austausch von Düngern oder Änderungen der Düngungsreihenfolge Einsparungen erzielen.

		Verwendete Düngemittel			
		N-Dünger	P-Dünger	K-Dünger	Mittlere Anzahl Überfahrten
Betrieb 1	Betriebsvariante	Harnstoff, Alzon	DAP	Korn-Kali 40	4
	Nach Heuristik	Harnstoff, Alzon	DAP	Korn-Kali 40	4
Betrieb 2	Betriebsvariante	NPK, Harnstoff	DAP	Korn-Kali 40	3
	Nach Heuristik	Harnstoff, Alzon, ASS	DAP	Korn-Kali 40	4
Betrieb 3	Betriebsvariante	KAS	NP 12/27	Korn-Kali 60	4
	Nach Heuristik	Harnstoff, ASS	DAP	Korn-Kali 40	4
Betrieb 4	Betriebsvariante	NPK	DAP		3
	Nach Heuristik	KAS, ASS	DAP	Korn-Kali 40	4
Betrieb 5	Betriebsvariante	NPK, Harnstoff	NP 12/27	Korn-Kali 40	4
	Nach Heuristik	Harnstoff, ASS	DAP	Korn-Kali 40	4
Betrieb 6	Betriebsvariante	Alzon, NPK	DAP	Korn-Kali 40	4
	Nach Heuristik	Harnstoff, KAS, ASS	DAP	Korn-Kali 40	5

Tab. 3: Änderung der verwendeten Dünger durch Anwendung der Heuristik (je Betrieb)

Diese Ergebnisse zusammenfassend können durch die N-Mengenreduzierung (vgl. Tabelle 2) im Mittel ca. 5,1 % und durch die Kostenreduzierung mittels Heuristik (vgl. Tabelle 3) zusätzlich ca. 3,9 % der Düngerkosten eingespart werden.

5. Schlussfolgerungen

Mithilfe unseres Ansatzes, der gesetzliche Vorgaben und ökonomisches Vorgehen verbindet, legen wir dar, dass eine Reduzierung der Düngemenge und damit verbunden eine Kosteneinsparung erreicht werden kann. Wenngleich diese ersten Ergebnisse

vielversprechend erscheinen, gilt es zu berücksichtigen, dass auf Basis von sechs Testbetrieben mit durchschnittlich 50 ha keine repräsentativen Resultate ermittelt werden konnten. Es sind weitere Praxisversuche und Sensitivitätsanalysen notwendig, um gesicherte Aussagen über die Einsatz- und Einsparungsmöglichkeiten des Programms treffen zu können. Des Weiteren erscheint die Berechnung des Einsparpotenzials bei der N-Reduzierung ausbaufähig, wenn Praxisversuchsreihen für weitere Früchte im Programm hinterlegt werden. Aufgrund der räumlichen Nähe der aktuell untersuchten Betriebe kann bisher keine Aussage darüber getroffen werden, in welchem Umfang die Ergebnisse von der geografischen Lage und verschiedenen Bodenarten beeinflusst werden. Wenngleich diese Einflussfaktoren durch Einbeziehung der Versuchsreihe des LLH Hessen, der diese über mehrere Jahre an verschiedenen Standorten durchgeführt hat [He05], teilweise berücksichtigt werden konnten, erscheint eine Erweiterung der bisherigen Versuchsreihe geboten.

Literaturverzeichnis

- [BM17] BMLE (2017): Daten und Fakten. Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. Hg. v. Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung.
- [Bu17] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2017): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen.
- [EK16] Europäische Kommission: Nitratbelastung in Gewässern: EU-Kommission verklagt Deutschland, https://ec.europa.eu/germany/news/nitratbelastung-gew%C3%A4ssern-eu-kommission-verklagt-deutschland_de, 01.11.2018.
- [He05] Heyn, J. (2005): Die Anwendung der Ertragskurvenberechnung nach Boguslawski und Schneider bei der Auswertung aktueller N-Steigerungsversuchsserien. In: Archives of Agronomy and Soil Science, 51 (5), S. 487-499.
- [La16] Ladha, J.K.; Tirol-Padre, A.; Reddy, C.K.; Cassman, K.G.; Verma, Sudhir; Powelson, D.S. et al. (2016): Global nitrogen budgets in cereals. In: Scientific Reports 6, 19355.
- [Ne18] Next Düngeplanung OFFICE <https://www.nextfarming.de/produkte/next-farming-office/next-duengeplanung-office/>, 13.12.2018.
- [Re14] Reckleben, Y. (2014): Sensoren für die Stickstoffdüngung-Erfahrungen in 12 Jahren praktischem Einsatz. In: Journal für Kulturpflanzen 66(2), S. 42-47.
- [WD18] Wendland, M.; Diepolder, M.; Offenberger, K.; Raschbacher, S. (2018): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. Hg. von: LFL Bayern, Freising.
- [WG17] Wörle, M.; Gaugler, T. (2017): IT-gestützte Optimierung der Düngeplanung in kleinen und mittleren landwirtschaftlichen Betrieben. In: GI-Edition Lecture Notes in Informatics, S. 169-172.
- [Ya18] Yara Plan: <https://www.365farmnet.com/produkt/bausteine/pflanze/yara-duengeplanung/>, 13.12.2018.
- [ZZ07] Zhang, W.J.; Zhang, X.Y. (2007): A forecast analysis on fertilizers consumption worldwide. In: Environmental Monitoring and Assessment 133 (1-3).