

Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)

publishes this series in order to make available to a broad public recent findings in informatics (i.e. computer science and information systems), to document conferences that are organized in cooperation with GI and to publish the annual GI Award dissertation.

Broken down into

- seminars
- proceedings
- dissertations
- thematics

current topics are dealt with from the vantage point of research and development, teaching and further training in theory and practice. The Editorial Committee uses an intensive review process in order to ensure high quality contributions.

The volumes are published in German or English.

Information: <http://www.gi.de/service/publikationen/lni/>

ISSN 1617-5468

ISBN 978-3-88579-662-6

This volume contains papers of the 37th GIL conference on modern information technology in the agriculture, forestry and food sectors with a focus on the digital transformation thereby identifying paths into a future-oriented sustainable agriculture. The papers cover topics ranging from IT-based technologies - such as sensor-data-fusion or cyber-physical systems - to agricultural economics and education. The conference took place at the Dresden University of Applied Sciences, Germany, from March 06 - 07, 2017.



A. Ruckelshausen, A. Meyer-Aurich, W. Lentz, B. Theuvsen (Hrsg.):
Digitale Transformation – Wege in eine zukunftsfähige Landwirtschaft

268

GI-Edition

Lecture Notes in Informatics

**A. Ruckelshausen, A. Meyer-Aurich,
W. Lentz, B. Theuvsen (Hrsg.)**

Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungs- wirtschaft

**Fokus:
Digitale Transformation – Wege in eine
zukunftsfähige Landwirtschaft**

**Referate der 37. GIL-Jahrestagung
06. – 07. März 2017, Dresden**

Proceedings





Arno Ruckelshausen, Andreas Meyer-Aurich, Wolfgang Lentz,
Brigitte Theuvsen (Hrsg.)

Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft

Fokus:

**Digitale Transformation –
Wege in eine zukunftsfähige Landwirtschaft**

Referate der 37. GIL-Jahrestagung

**06.-07. März 2017
in Dresden, Germany**

Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)

Lecture Notes in Informatics (LNI) - Proceedings

Series of the Gesellschaft für Informatik (GI)

Volume P-268

ISBN 978-3-88579-662-6

ISSN 1617-5468

Volume Editors

Prof. Dr. Arno Ruckelshausen

Hochschule Osnabrück, Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik
49076 Osnabrück, Germany; Email: a.ruckelshausen@hs-osnabrueck.de

Dr. Andreas Meyer-Aurich

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam
14469 Potsdam, Germany; Email: ameyer@atb-potsdam.de

Prof. Dr. Wolfgang Lentz

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
01326 Dresden, Germany; Email: Lentz@htw-dresden.de

Brigitte Theuvsen

37073 Göttingen, Germany; Email: brigitte@theuvsen.de

• Series Editorial Board

Heinrich C. Mayr, Alpen-Adria-Universität Klagenfurt, Austria
(Chairman, mayr@ifit.uni-klu.ac.at)

Dieter Fellner, Technische Universität Darmstadt, Germany

Ulrich Flegel, Infineon, Germany

Ulrich Frank, Universität Duisburg-Essen, Germany

Andreas Thor, HFT Leipzig, Germany

Michael Goedicke, Universität Duisburg-Essen, Germany

Ralf Hofestädt, Universität Bielefeld, Germany

Michael Koch, Universität der Bundeswehr München, Germany

Axel Lehmann, Universität der Bundeswehr München, Germany

Thomas Roth-Berghofer, University of West London, Great Britain

Peter Sanders, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Germany

Torsten Brinda, Universität Duisburg-Essen, 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 2017

printed by Köllen Druck+Verlag GmbH, Bonn



This book is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 License.

Vorwort

Digitale Transformation - Wege in eine zukunftsfähige Landwirtschaft

Die Entwicklungen in den Bereichen Informatik und Elektronik bestimmen zunehmend die tägliche Praxis des Landwirts und alle Bereiche der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. „Farming 4.0“, „Big Data“ oder „Digitalisierung“ sind stark technologisch geprägte Begriffe und reflektieren dabei nur unzureichend die anstehenden interdisziplinären und gesellschaftlichen Aufgaben dieser Prozesse. Es geht dabei sowohl um Chancen als auch Risiken, um Ökonomie und Ökologie, um das Zusammenspiel von Natur, Mensch und Technologie. Mit dem Begriff der „digitalen Transformation“ als Schwerpunktthema der GIL-Jahrestagung werden diese vielfältigen Aufgaben und deren Komplexität adressiert, dazu gehören auch die Herausforderungen auf dem Weg zur „Arbeit 4.0“ und die Auswirkungen einer zunehmenden Kapital- und Wissensintensität auf landwirtschaftliche Unternehmen. Damit werden die in den vergangenen GIL-Tagungen aufgegriffenen Praxisthemen zur Gestaltung des Wandels in der Landwirtschaft mit der Informatik und Elektronik als zentrale Hilfsmittel fortgeführt.

Die Beiträge zu IT-gestützten Technologien fokussieren auf die Sensorik und Datenfusion, cyber-physische Agrarsysteme oder Prozessketten, auch neuere Themenbereiche wie Precision Grassland Farming gewinnen an Bedeutung. Im Umfeld des Bereichs der Agrarökonomie werden auch rechtliche sowie Unternehmens- und Dienstleistungsaspekte behandelt. Die Bereiche Aus- und Weiterbildung sowie Zukunftsforschung sind regelmäßig Bestandteil der GIL-Tagungen. Der vorliegende Tagungsband enthält die entsprechenden Beiträge.

Die Jahrestagung findet am Hauptstandort der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden in unmittelbarer Nähe des Hauptbahnhofs statt (HTW Dresden, Friedrich-List-Platz 1). Die Fakultät Landbau/ Umwelt/ Chemie (LUC) hat ihren Campus in Dresden-Pillnitz und bietet den Studierenden in den Bereichen Agrarwirtschaft, Gartenbau und Umweltmonitoring praxisbezogene Bachelor- und Masterstudiengänge an. Das „Grüne Forum Pillnitz“ dient als Plattform für eine neue Form und Qualität der Zusammenarbeit zwischen der Fakultät LUC, dem Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, dem Institut für Züchtungsforschung an Obst des Julius Kühn-Institutes und dem Staatsbetrieb Schlösser, Burgen und Gärten Sachsen an diesem Standort.

Unser Dank geht an die Autoren, die Vortragenden und die Gutachter für ihr Engagement, an die Sponsoren für ihre materielle Unterstützung und an all diejenigen, die an der Organisation der Tagung mitgewirkt haben.

Arno Ruckelshausen (1. Vorsitzender GIL, Hochschule Osnabrück)
Andreas Meyer-Aurich (2. Vorsitzender GIL, ATB Potsdam)
Wolfgang Lentz (HTW Dresden)

Sponsoren

Wir danken den folgenden Unternehmen und Institutionen für die Unterstützung der Tagung:

FarmFacts GmbH,
Pfarrkirchen



Farm Facts
A BayWa Company

Hydac electronic GmbH,
Saarbrücken

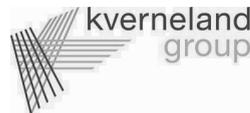


HYDAC INTERNATIONAL

John Deere GmbH & Co. KG,
Kaiserslautern



Kverneland Group
Deutschland GmbH, Soest



Qualitype GmbH, Dresden



qualitype

Querschnittsfachausschuss Modellierung

Die Plattform der GI zur Diskussion und zum Erfahrungsaustausch über aktuelle und zukünftige Themen der Modellierungsforschung . Beteiligte GI-Gliederungen:

EMISA, Entwicklungsmethoden für Informationssysteme und deren Anwendung

FoMSESS Formale Methoden und Modellierung für SichereSysteme

ILLS Intelligente Lehr- und Lernsysteme

MMB Messung, Modellierung und Bewertung von Rechensystemen

OOSE, Objektorientierte Software-Entwicklung

PN Petrinetze

RE Requirements Engineering

ST Softwaretechnik

SWA Softwarearchitektur

WI-MobIS Informationssystem-Architektur: Modellierung betrieblicher Informationssysteme

WI-VM Vorgehensmodelle für die Betriebliche Anwendungsentwicklung

WM/KI Wissensmanagement



Qualität sichern, heißt Zukunft sichern.

Für alle Stufen der Wertschöpfungskette, von der landwirtschaftlichen Produktion bis zum Lebensmitteleinzelhandel, sind strenge, nachprüfbare Produktionskriterien festgelegt. Die qualitytype GmbH bietet smarte Lösungen in der zunehmend digitalen Agrar- und Ernährungswirtschaft.



Durch webbasierte Monitoringsysteme für unterschiedlichste Überwachungs- und Auswertungsaufgaben unterstützen wir ein europaweit einzigartiges Prüfsystem für Lebensmittel. Dies leistet einen wichtigen Beitrag für die Qualitätssicherung in der Nahrungsmittelproduktion.

qualitytype GmbH | www.qualitytype.de

Antibiotika (VetProof®)

Systematische Erfassung und Auswertung des Antibiotikaeinsatzes mit dem Ziel, die Antibiotikamenge in der Tierhaltung auf ein Mindestmaß zu reduzieren.

Salmonellen (Qualiproof®)

Ermittlung des Salmonellenstatus von Schweinemastbeständen mit dem Ziel, den Eintrag von Salmonellen in die Fleischkette kontinuierlich zu minimieren. Damit unterstützen wir eine hohe Produktqualität.

Befunddaten (Qualiproof®)

Mit der Organbefundung der Tiere am Schlachthof können Befundhäufigkeiten als Maß der Tiergesundheit ermittelt werden. Auf Grundlage der Befundinterpretation können gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Tiergesundheit, der Tierleistung und des Wohlbefindens der Tiere eingeleitet werden.

IT works.

Einfach besser vernetzt!



Programmkomitee

Felix Alcalá-Toca (selbstständiger Software-Entwickler)
Prof. Dr. Heinz Bernhardt (TU München)
Karsten Borchard (Universität Kiel)
Prof. Dr. Michael Clasen (Hochschule Hannover)
Dr. Georg Fröhlich (LfL Freising)
Prof. Dr. Hans W. Griepentrog (Universität Hohenheim)
Prof. Dr. Joachim Hertzberg (Universität Osnabrück/DFKI)
Prof. Dr. Dirk Hinrichs (Humboldt-Universität zu Berlin)
Dr. Dieter von Hörsten (JKI, Braunschweig)
Constanze Hofacker (act GmbH, Kiel)
Prof. Dr.-Ing. Jens Krzywinski (TU Dresden)
Daniel Martini (KTBL, Darmstadt)
Prof. Dr. Heike Mempel (Hochschule Weihenstephan-Triesdorf)
Prof. Dr. Thoralf Münch (HTW Dresden)
Dr. Susanne Otter-Nacke (Claas, Harsewinkel)
Prof. Dr. Guido Recke (Hochschule Osnabrück)
Dr. Robert Reiche (Euro Pool System Intern., Bornheim)
Prof. Dr. Hans-Hennig Sundermeier (Universität Kiel)
Prof. Dr. Ludwig Theuvsen (Universität Göttingen)
Prof. Dr. Stefan Töpfl (Hochschule Osnabrück, DIL)
Prof. Dr. Cornelia Weltzien (ATB Potsdam)
Prof. Dr. Karl Wild (HTW Dresden)
Prof. Dr. Martin Ziesak (Berner Fachhochschule)

Organisationsteam

Prof. Dr. Wolfgang Lentz (HTW Dresden)
Dr. Andreas Meyer-Aurich (2. GIL-Vorsitzender)
Prof. Dr. Arno Ruckelshausen (1. GIL-Vorsitzender)
Brigitte Theuvsen (GIL-Geschäftsführerin)

Josef Bauerdick, Gerhard Piringer , Andreas Gronauer, Iris Kral, Heinz Bernhardt <i>Precision Grassland Farming – ein Überblick über Forschung und Technik.....</i>	17
Karsten Borchard <i>„Digitalisierung in der Landwirtschaft“ - Wie bekannt sind digitale Begriffe unter agrar- und ernährungswissenschaftlichen Studierenden?</i>	21
Henrich Brunke, James T. Lapsley, Rolf A.E. Mueller, Ludwig Tauscher <i>Towards digital wine certification in Germany</i>	25
Benjamin Bruns <i>Development of a minimalistic low-cost UAV platform for simple airborne measurements</i>	29
Björn Christensen, Sören Christensen, Tobias Sohr <i>Die Verwendung von p-Werten in den Agrarwissenschaften.....</i>	33
Michael Clasen <i>Zukunftsforschung und strategische Vorausschau für die Landwirtschaft</i>	37
Henning Deeken, Florian Krampe, Thilo Steckel <i>Verbesserung logistischer Prozesse durch Dezentralisierung von Entscheidungen.....</i>	41
Chris Eicke, Daniel Schirmer, Marco Iezzi, Andreas Daum, Manfred Krause <i>Ein Steuerungssystem für den netzorientierten Betrieb virtueller Biogas-Verbundkraftwerke.....</i>	45
Julia Garashchuk, Michael Clasen, Ludwig Theuvsen <i>Preisdifferenzierung im Lebensmitteleinzelhandel – eine Literaturrecherche.....</i>	49
Klaus Gennen <i>Ausgewählte Anforderungen der EU-DSGVO an die Verarbeitung personenbezogener Daten</i>	53
Zoltan Gobor, Konstantin Nikulin, Georg Fröhlich <i>Development of a technology demonstrator for the enhancement of embedded software design considering mechatronic systems in agriculture.....</i>	57
Anna Gubanova, Michael Clasen, Ludwig Theuvsen <i>How do digital agricultural startups achieve critical mass? A qualitative analysis.....</i>	61
Martin S. Haase, Vanessa Kluge <i>Rechtliche Bewertung der zunehmenden Informationsverarbeitung in der digitalisierten Landwirtschaft.....</i>	65

Sven Hoser

GIS-gestützte Potentialanalyse von Zielvegetationstypen in den Flächen des E+E-Projektgebiets „Bergwiesen um Oelsen“ 69

Mario Jenz, Kim Möller, Dominik Nieberg, Hans-Peter Maurer, Tobias Würschum, Arno Ruckelshausen

Nutzung eines RTK-GPS Systems im Versuchsanbau für eine automatisierte, parzellenbasierte Sensordatenzuordnung 73

Patrick Knöfel, Thorsten Dahms, Erik Borg, Christopher Conrad

Classification of agricultural land use and derivation of biophysical parameter using SAR and optical data 77

Iris Kral, Marie Mauch, Norbert Barta, Gerhard Piringer, Alexander Bauer, Josef Bauern dick, Heinz Bernhardt, Andreas Gronauer

Effizienzvergleich von automatischen Lenksystemen mit manueller Lenkung während der Grünlandernte auf Basis von Prozessparametern der Zugmaschine 81

Jens Krzywinski, Sebastian Lorenz

Nutzer- und anwendungsorientierte Konzepte zukünftiger Human-Machine Interfaces für Landmaschinen 85

Jens Krzywinski, Sebastian Lorenz, Maria Klemm

Hybride Prototypen für agrartechnische Systemkonzepte 89

Dirk Landmann, Carl Johan Lagerkvist, Verena Otter

Determinants of Smallholder Farmers' Intention to Use Smartphones - Evidence from Rural India 93

Josef Langenberg, Franz Bernhard Nordhaus, Ludwig Theuvsen

Navigations- und N-Sensor gestützte Anwendungen in der Landwirtschaft – eine Rentabilitätsanalyse 97

Florian Langenbuch, Magdalena Dotzler, Sebastian A. Pauli, Wolfgang Angermair, Heinz Bernhardt

Agraringenieure in der Softwareentwicklung? Fachexpertise gefragt! 101

Alexander Mizgirev, Thomas Chudy, Michael Marz, Peter Wagner, Jörg Rühlmann

Sensor Fusion – Evaluierung der Eignung von geoelektrischer und Gamma-sensorik für die indirekte Bestimmung von Phosphor im Boden 105

Bernhard Peschak, Wilfried Wöber, Richard Otrebski, Clemens Sulz, Stefan Thalhammer

Sensorfusion für landwirtschaftliche Applikationen 109

Eckart Petig, Elisabeth Angenendt, Enno Bahrs <i>Modellierung von Angebot und Nachfrage landwirtschaftlicher Biogassubstrate – ein Ergebnisvergleich für Baden-Württemberg</i>	113
Jan-Philip Pohl, Dirk Rautmann, Henning Nordmeyer, Dieter von Hörsten <i>Direkteinspeisung von Pflanzenschutzmitteln - eine Technologie für Precision Farming im Pflanzenbau</i>	117
Michael Polster <i>Cyber-physische Systeme in der Primärerzeugung von Agrarprodukten</i>	121
Guido Recke, Hanna Strüve, Maria Gerdesmeyer, Nadja Klimaschewski <i>Wirtschaftlichkeit der teilweisen Vermarktung landwirtschaftlicher Produkte direktvermarktender Betriebe über eine Food Assembly.....</i>	125
Matthias Reger, Heinz Bernhardt, Jörn Stumpfenhausen <i>Navigation und Personenschutz mit Radar bei einem automatischen Fütterungssystem</i>	129
Daniel Schirmer, Chris Eicke, Marco Iezzi, Andreas Daum, Manfred Krause <i>Ein wirtschaftliches Ausgleichssystem für regionale Regelenergie-Leistungen virtueller Biogas-Verbundkraftwerke.....</i>	133
Jonas Stein, Julia Steinhoff-Wagner, Onur Bozkurt, Susanne Lehnert, Brigitte Petersen <i>Anforderungen an Datenfusion und digitale Transformation innerhalb eines auf Einzeltierkennzeichnung basierten Informations- und Kommunikationssystems für Schweinefleisch-erzeugende Ketten</i>	137
Stefan Stiene, Stephan Scheuren, Martin Günther, Kai Lingemann, Andreas Lauer, Ansgar Bernardi, Joachim Hertzberg <i>Architektur einer offenen Software-Plattform für landwirtschaftliche Dienstleistungen.....</i>	141
Andrea Stockl, Fabian Lichti <i>Nah-Infrarot Spektroskopie (NIRS) als Monitoringtool für den Biogasprozess</i>	145
Lisa-Marie Urso, Jens Karl Wegener, Dieter von Hörsten, Lorenz Kottmann, Till-Fabian Minßen, Cord-Christian Gaus <i>Der Pflanzenbau der Zukunft - Ist ein Neudenken erforderlich?</i>	149
Peter Wagner, Michael Marz <i>Precision Farming – Direkte und indirekte Erhebung von Makronährstoffen</i>	153
Peter Wagner, Michael Marz <i>Precision Farming – Langzeitversuche mit Grunddüngungsstrategien.....</i>	157

Heinrich Warkentin, Thilo Steckel, Alexander Maier, Ansgar Bernardi
*Verbesserung mobiler Arbeitsprozesse mit Methoden von Big Data und
Data Analytics*..... 161

Karl Wild, Torsten Schmiedel
*Anforderungen an den Einsatz von Multikoptern zur kontinuierlichen Informations-
bereitstellung für Echtzeitanwendungen im Pflanzenbau* 165

Michael Wörle, Tobias Gaugler
*IT-gestützte Optimierung der Düngeplanung in kleinen und mittleren landwirt-
schaftlichen Betrieben: Ein nachhaltiger Ansatz zur Steigerung des Betriebs-
ergebnisses*..... 169

Precision Grassland Farming – ein Überblick über Forschung und Technik

Josef Bauerdick¹, Gerhard Piringer², Andreas Gronauer², Iris Kral² und Heinz Bernhardt¹

Abstract: Precision Farming ist im Ackerbau ein weithin geläufiger Begriff. Firmen und Forschungseinrichtungen veröffentlichen regelmäßig (informations-)technologische Neuheiten. Trotz des großen Potentials hinsichtlich Ressourceneinsparung und der Überwachung des Bestands, ist festzustellen, dass Precision Farming Applikationen im Grünland bisher kaum zur Anwendung kommen. Der Beitrag soll ein Überblick über bereits vorhandene Precision Farming Anwendungen im Grünland geben, wobei die vollständige Ernteprozesskette hinsichtlich vorhandener Präzisionstechnologie beschrieben wird. Es ist festzustellen, dass vor allem Maschinen, welche sowohl im Ackerbau, als auch im Grünland genutzt werden können, einen hohen Grad der Technisierung hinsichtlich Precision Farming aufweisen. Geräte, welche jedoch ausschließlich im Grünland genutzt werden, weisen nur geringe Tendenzen in diesem Bereich auf. Häufig wurden diese lediglich zu Forschungszwecken entwickelt und kaum in die Praxis überführt. Künftig sind Forschungen, vor allem, um Bröckelverluste zu minimieren, durchzuführen.

Keywords: Precision Farming, Grünland

1 Einleitung

In den letzten Jahrzehnten konnte die landwirtschaftliche Produktion von technologischem Fortschritt stark profitieren. Modernste Technologie führt dazu, dass Informationen während der gesamten Produktionskette erhoben und verarbeitet werden können. Eine lückenlose Verfolgung von Saat bis Supermarktregal kann schon heute bei Bedarf gewährleistet werden.

Durch Entwicklungen, vornehmlich in der Informations-, sowie in der Elektrotechnologie, konnte das Precision Farming etabliert werden. Unter Precision Farming ist allgemein der Einsatz sensorgestützter Technologie zur Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen zu verstehen, mit dem Ziel der Optimierung des Produktionsablaufs.

Precision Farming Applikationen auf dem Acker sind allgemein bekannt. Zu nennen sind hier nur als Beispiel Spurführungssysteme am Traktor oder im Mähdrescher oder Section Control an Feldspritzen. Im Grünland hingegen weniger bekannt, soll im Folgenden ein kurzer Überblick über bereits vorhandene Technologie in diesem Bereich gegeben werden.

¹Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, D-85354 Freising, josef.bauerdick@wzw.tum.de

²Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Landtechnik, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien

2 Precision Farming Technologie auf dem Grünland

2.1 Mähwerk

Das Mähwerk ist das erste Arbeitsgerät, welches mit dem stehenden Futter in Kontakt tritt. Verschleppungseffekte, sowie Bröckelverluste sind zu diesem Zeitpunkt noch nicht gegeben. Somit ist es möglich bei diesem Arbeitsschritt äußerst genaue Ertrags-, sowie Qualitätsparameter zu erheben [Sh 00]. Problematisch ist hierbei jedoch, dass Grünland eine äußerst hohe Heterogenität aufweist, sowohl im stehenden Bestand, als auch variierend über das gesamte Jahr [Sc 08]. Aus diesem Grund muss eingesetzte Technik so konzipiert sein, dass diese nicht auf genannte Heterogenität reagiert.

Beim Mähwerk lag in den vergangenen Jahren das Augenmerk auf der Ertragserfassung. Demmel et al. [De 02] entwickelten im Jahr 2002 ein System, zur Messung der Masse des gemähten Grases auf einem modifizierten Querförderband am Mähwerk. Jedoch zeigten sich hierbei zu hohe Abweichungen bei der Validierung des Gerätes. Gleichzeitig ist bei dieser Technik anzumerken, dass Querförderbänder nicht von jedem Marktteilnehmer nachgefragt werden. Kumhála et al. [Ku 07] beschäftigten sich mit der Adaption von bereits vorhandener Technik aus dem Feldhäcksler, um im Mähwerk Massen zu erfassen. Sie testeten einen Drehmomentsensor am Aufbereiter, sowie eine Druckmessplatte, hinter dem Aufbereiter. Die Untersuchung zeigte, dass eine Druckmessplatte hinter dem Aufbereiter vielversprechende Ergebnisse lieferte, da die Platte bspw. nicht durch heterogene Gutzusammensetzung beeinflusst wurde. Inwiefern eine Elektrifizierung des Aufbereiterantriebs, wie von Baldinger und Hofinger [Ba 13] angeregt, künftig für eine Ertragsmessung vorteilhaft sein kann, ist zu testen. Laut den Autoren sind mit der Elektrifizierung jedoch auch andere Vorteile, wie die Optimierung von Bröckelverlusten in Höhe von bis zu 5 % möglich.

2.2 Zetter und Schwader

Um eine kurze Liegezeit und damit einhergehend eine hohe Qualität zu gewährleisten, muss das Futter zügig abtrocknen und eingebracht werden. Zu diesem Zweck sind Zetter und Schwader in der Regel notwendig. Gleichzeitig sind ebendiese Maschinen jedoch auch für einen Großteil der Bröckelverluste verantwortlich. Während der gesamten Ernte können eiweißhaltige Bestandteile in Höhe von 20 % oder höher auf der Wiese verbleiben [Sa 11], da diese teilweise durch mechanische Beanspruchung abgerissen werden. Auernhammer und Neuhauser [Au 01] rieten aus diesem Grund bereits in 2001, dass gerade in diesen Geräten intelligente Technologie zur Reduktion der Verluste zum Einsatz kommen sollte. Zurzeit sind Applikationen des Precision Farmings bei diesen Geräten in der Praxis kaum angekommen. Jedoch zeigen Auszüge aus einzelnen Patenten, bspw. für eine sensorgesteuerte Höhenverstellung des Tastrads [Pö 14] oder für GPS unterstütztes Schwaden [Lo 10] dass Firmen hier durchaus Einsatz modernster Technologie planen. Alternative Antriebe in Kreiselchwadern, mittels Hydraulik oder elek-

trisch sind als Grundlage für den künftigen Einsatz von Sensoren zu sehen, um beispielsweise die Rotationsgeschwindigkeit des Kreiselns unabhängig der Zapfwellendrehzahl anpassen zu können und somit Verluste von eiweißreichem Material zu verringern.

2.3 Ladewagen, Pressen, Häcksler

Die Erntegeräte sind heutzutage teilweise hoch technisiert. Dank Sensortechnologie ist es seit einigen Jahren möglich, die Befüllung des Ladewagens teilweise zu automatisieren und den Kratzbodenvorschub selbstständig zu steuern. Messerschleifeinrichtungen für optimale Schnittqualität und zur Minderung der benötigten Energie werden von Marktteilnehmern angeboten. Auch hier wird die Ertragsmessung vorangetrieben. Erste Firmen entwickeln Lösungen zur Messung der Masse. Schuitemaker beispielsweise bietet eine Lösung, zur Ertragserfassung an, die aus einer Kombination von NIR-Sensoren zur Bestimmung der Trockenmasse und Wiegestäben in Achsen und Deichsel zur Bestimmung des Gewichts besteht [Sc 15]. Ähnliche Versuchsanordnung nutzten Wild und Auernhammer [Wi 99] in einer Presse.

In Pressen existieren bereits verschiedene Ansätze zur Messung der Masse. Kroulík et al. [Kr 11] beispielsweise wählten den Weg, die Masse über das Volumen des Ballens zu ermitteln. Hierfür rüsteten sie eine Rundballenpresse mit variabler Kammer mit einem Potentiometer an der Bandspannrolle aus. Bei Quaderballenpressen ist die Masseerfassung mittels Wiegetechnik in der Schurre bereits seit langem möglich. Nachteil hierbei ist jedoch, dass nur eingeschränkt teilflächenspezifische Informationen gesammelt werden können. Auch die Messung von Feuchtigkeit wird mittlerweile beispielsweise durch Messung der Leitfähigkeit realisiert. Ist die Inhaltsstofffassung in Feldhäckslern bereits etabliert, so ist diese in Pressen oder ähnlichen Geräten im fortgeschrittenen Versuchsstadium. Ein Ansatz ist hierbei die Nutzung eines Nahinfrarotspektrometers zur Erkennung von Rohprotein und anderen Inhaltsstoffen [Wi 12].

Feldhäcksler hingegen weisen einen hohen Grad der Technisierung auf, von automatischen Spurführungssystemen, über Ertragserfassung, bis hin zur Befüllautomatik ist eine Vielzahl an Vorgängen bereits durch Sensoren steuerbar.

3 Zusammenfassung

Precision Farming ist längst in der Landwirtschaft angekommen, es können große Datenmengen erhoben und verarbeitet werden. Dennoch ist festzustellen, dass lediglich Maschinen, welche sowohl im Ackerbau, als auch im Grünland genutzt werden können, einen hohen Grad an Precision Farming Applikationen aufweisen. Als Beispiel ist hier der Feldhäcksler zu nennen. Nur vereinzelte Lösungen für Maschinen, die ausschließlich im Grünland genutzt werden, existieren. Hier sei beispielsweise die Ertragserfassung am Erntegerät oder das Messen von Feuchtigkeit im Erntegut erwähnt. Weitere Einsatzmöglichkeiten überschritten kaum das Entwicklungsstadium, wie die Ertrags- und Inhalts-

stofffassung am Mähwerk. Dies kann unter anderem auf die vergleichsweise geringe Wirtschaftlichkeit von Grünland, sowie hohe Zahl der genutzten Maschinen zur Grünlandernte zurückgeführt werden [Sc 08, Sh 00].

4 Literaturverzeichnis

- [Au 01] Auernhammer, H.; Neuhauser, H.: Perspektiven der landtechnischen Entwicklung in der Verfahrenstechnik Ackerbau und Futterernte, 2001.
- [Ba13] Baldinger, M.; Hofinger, M.: Elektrifizierung eines Mähaufbereiters. In: Electric drives in agricultural engineering, Wieselburg, 2013.
- [De02] Demmel, M. et al.: Ertragsermittlung von Grünland – erste Ergebnisse. In LANDTECHNIK – Agricultural Engineering, 2002, 57; S. 146–147.
- [Kr11] Kroulík, M. et al.: Sensors connection for yield determination on round balers with variable chamber. In Research in Agricultural Engineering, 2011, 57; S. 51–55.
- [Ku07] Kumhála, F.; Kroulík, M.; Prošek, V.: Development and evaluation of forage yield measure sensors in a mowing-conditioning machine. In Computers and Electronics in Agriculture, 2007, 58; S. 154–163.
- [Lo10] Loebe, S.: Verfahren und Vorrichtung zum Betrieben einer Rechkreiselaubhubsteuerung, Patent: DE102010046938A1, 2010.
- [Pö14] Pöttinger: Heuwerbungsmaschine, Patent: DE202014007663U1, 2014.
- [Sa11] Sauter, J.; Latsch, R.; Hensel, O.: Methodenvergleich zur Bestimmung von Bröckelverlusten in der Heuernte. In LANDTECHNIK – Agricultural Engineering, 2011, 66; S. 198–200.
- [Sc08] Schellberg, J. et al.: Precision agriculture on grassland. Applications, perspectives and constraints. In European Journal of Agronomy, 2008, 29; S. 59–71.
- [Sc15] Schuitemaker: Neu Rapide mit NIR-sensor für die Trockenmassebestimmung. <https://landbouwmachines.sr-schuitemaker.nl/de/news/newsberichte/nieuw-rapide-met-nir-sensor-voor-drogestofbepaling.html>, 19.06.2016.
- [Sh00] Shinnars, K. J.; Barnett, N. G.; Schlessler, W. M.: Measuring Mass-Flow-Rate on Forage Cutting Equipment, Milwaukee, 2000.
- [Wi12] Wild, K.; Walther, V.; Heinrich, K.: Forage quality assessment in Balers. In Infomation Technology, Automation and Precision Farming. International Conference of Agricultural Engineering, Valencia, 8.-12. Juli 2012.
- [Wi99] Wild, K.; Auernhammer, H.: A weighing system for local yield monitoring of forage crops in round balers. In Computers and Electronics in Agriculture, 1999; S. 119–132.

„Digitalisierung in der Landwirtschaft“ – Wie bekannt sind digitale Begriffe unter agrar- und ernährungswissenschaftlichen Studierenden?

Karsten Borchard¹

Abstract: In 2013 when US-President Barack Obama visited Germany, German Chancellor Angela Merkel stated that “the internet was new territory for all of us” [Sp13]. In fact though, digitalization has found its way into all areas of life since quite a while. In connection with this fact we held an online survey at the Faculty of Agricultural and Nutritional Sciences at the beginning of the first academic year in October 2016. Students were also asked for six digital expressions from the field of agriculture.

Keywords: Online-Survey, Knowledge of digital definitions, students of agriculture and nutritional Science, Big Data, Smartphone,

1 Einleitung

Im Jahr 2013 beim Besuch des amerikanischen Präsidenten Obama sagte die deutsche Bundeskanzlerin Angela Merkel: „Das Internet ist für uns alle noch Neuland“ [Sp13]. Die Digitalisierung hat in allen Lebensbereichen jedoch schon lange Einzug gehalten. Als Beispiele seien die Smartphone-Nutzung und der PC-Einsatz genannt. Im Jahre 2015 hatten 60 % der Bevölkerung ein Smartphone und weit über 80 % setzten Desktop-, Notebook und Tablet-PCs ein [In16]. In diesem Zusammenhang wurden verschiedene Befragungen zum Verständnis von digitalen Begriffen durchgeführt.

2 Material und Methoden

In einer bevölkerungsrepräsentativen EMNID-Umfrage unter 1003 Personen wurden 14 digitale Begriffe abgefragt. Ergebnis war, dass in der Tat viele Begriffe wirklich „Neuland“ für die Bevölkerung sind. Nur den Begriff „Social Media“ konnten deutlich mehr als 25 % der Befragten beschreiben. Der Begriff „Big Data“ war z.B. 75 % völlig unbekannt [Tn16]. Sieben Begriffe konnten nur von weniger als 10 % der Teilnehmer beschrieben werden.

Die Unterschiede der Bekanntheit werden noch größer, wenn man diese in verschiedene Altersgruppen einteilt. Jüngere Bevölkerungsschichten, sogenannte „Digital Natives“,

¹ Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, MultiMediaLabor der Agrar-und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät, Olshausenstr. 40, 24118 Kiel, Tel. ++49 431-8804420, kbo@mml.uni-kiel.de

die mit elektronischen Kommunikationsmitteln und Computern groß geworden sind, können mit digitalen Begriffen mehr anfangen, als ältere Personenkreise.

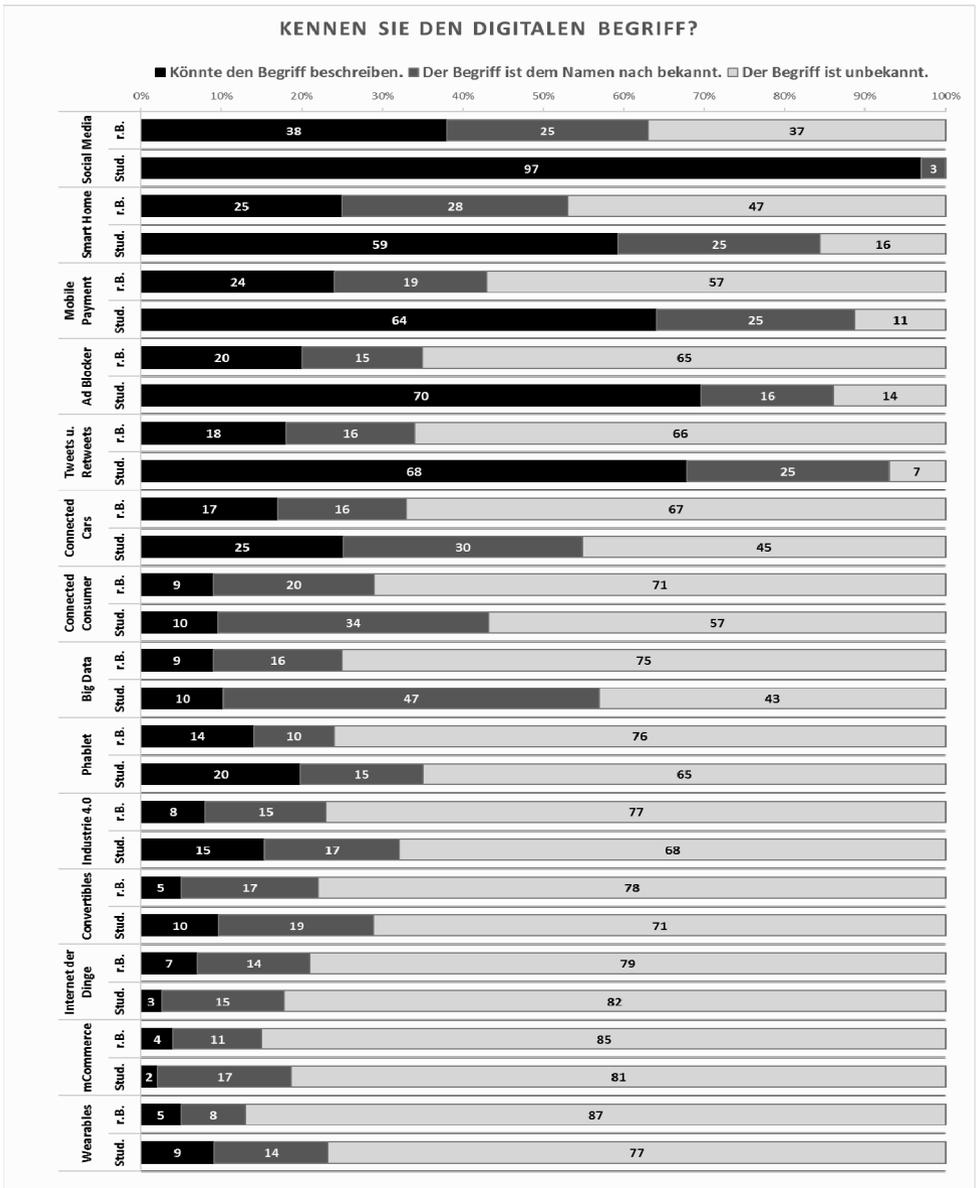


Abb. 1: Bekanntheit digitaler Begriffe [Tn16, rep. Bevölkerungsquerschnitt (r.B.)], [Bo16, Studierende der Agrar-und Ernährungswissenschaften in Kiel (Stud.)], (Angaben in Prozent)

3 Ergebnisse

Wie sieht die Kenntnis digitaler, (landwirtschaftlicher) Begriffe bei Studierenden der Agrarwissenschaften und Ökotrophologie aus?

Die aufgestellte Hypothese besagt, dass eine Befragung von Studierenden ähnliche Ergebnisse liefern wird, wie die EMNID-Umfrage.

Zu diesem Zweck wurde eine Online-Befragung an der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Beginn des ersten Studienjahres im Oktober 2016 durchgeführt. An der Befragung nahmen Studierende der Grundlagenvorlesung zur „Einführung in die Informationsverarbeitung“ teil. Neben der Abfrage der digitalen Begriffe wurden auch Fragen zum Nutzerverhalten gestellt und mit soziodemografischen Fragestellungen verknüpft. Des Weiteren wurden die Studierenden nach sechs digitalen Begriffen aus dem Bereich der Landwirtschaft befragt. Eine Online-Befragung von praktischen Landwirten wird zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt.

Unterschiede zu der EMNID-Untersuchung ergaben sich dadurch, daß es sich bei den Studierenden hauptsächlich um sogenannte „Digital Natives“ handelt. Das bedeutet, dieser Personenkreis ist mit elektronischen Geräten wie Smartphones, Tablets und PCs aufgewachsen und sozialisiert. Der Begriff „Social Media“ ist bei nahezu allen Studierenden bekannt. Auch Begriffe wie „Big Data“, die in der Bevölkerung völlig unbekannt sind, sind bei den Studierenden zumindest dem Namen nach bekannt.

Das Durchschnittsalter der Erstsemester lag bei circa 20 Jahren. 58 % studieren Agrarwissenschaften, 42 % Ökotrophologie. Ein Drittel der Befragten sind männlich, zwei Drittel weiblich.

Über 99 % der Studierenden ist mit Smartphones ausgestattet. 64 % nutzen PCs und Notebooks, 25 % sind mit einem Tablet ausgestattet. Fast alle Anwesenden in der Vorlesung haben an der Befragung teilgenommen (> 90 %). Zuhause nutzen über 75 % der Befragten einen DSL-Zugang.

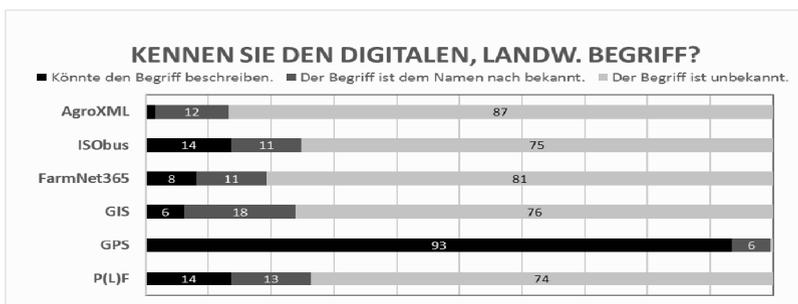


Abb. 2: Bekanntheit digitaler, landw. Begriffe [Bo16, Studierende der Agrar- und Ernährungswissenschaften in Kiel] (Angaben in Prozent, N=211)

Betrachtet man Abb. 2, stellt man fest, dass digitale, landwirtschaftliche Begriffe selbst unter Studierenden der Agrar- und Ernährungswissenschaften noch nicht sonderlich bekannt sind. Nur den Begriff „GPS“ können nahezu alle erklären, beziehungsweise er ist ihnen bekannt. Begriffe wie GIS, ISOBUS und Precision (Livestock-) Farming sind Dreiviertel der Studierenden unbekannt. Wenn es in den Bereich von ganz speziellen Begriffen, wie AgroXML und FarmNet 365 geht, sieht das Ergebnis noch schlechter aus.

4 Fazit

Durch die Befragung von Erstsemester-Studierenden der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät konnten Erkenntnisse darüber gewonnen werden, wie weit Begriffe aus dem Bereich der Digitalisierung bei den Studierenden bekannt sind. Durch das niedrige Durchschnittsalter der Uni-Gruppe gegenüber der EMNID-Umfrage ist wahrscheinlich das „bessere“ Abschneiden der Studierenden zu erklären. Aber auch hier finden sich große Defizite im Wissen. Auch spezielle landwirtschaftliche, digitale Begriffe sind relativ unbekannt (s. Abb. 2). Dieses kann eventuell durch den hohen Anteil Ökötrophologie-Studierender erklärt werden. Die technische Affinität ist in dieser Gruppe möglicherweise geringer. Weitere Analysen der Ergebnisse werden Aufschluss darüber geben.

Die Ausbildung der Studierenden kann nach der ersten Befragung in der Vorlesung „Einführung in die Informationsverarbeitung“ an die „Defizite“ im digitalen Wissen angepasst werden. Am Ende des Wintersemesters 2016/17 wird diese Befragung wiederholt, um eventuellen Lernfortschritt zu demonstrieren. Das Forschungsvorhaben wird jährlich fortgeführt, um weitere Erkenntnisse der digitalen Transformation im Hochschulbereich zu gewinnen.

Auch in höheren Semestern sollte das „Neuland“ intensiv „beackert“ werden, um reiche Früchte beim digitalen Transformationsprozess zu ernten. Denn für Absolventen der Agrar- und Ernährungswissenschaften ist das digitale Wissen neben dem Fachwissen ein wichtiges Handwerkzeug für das spätere Berufsleben.

Literaturverzeichnis

- [Bi16] BITKOM-Positionspapier Digitalisierung in der Landwirtschaft; www.bitkom.org, 8. April 2016
- [Bo16] Borchard, Karsten: Befragung unter Erstsemester-Studierenden der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der CAU, Oktober 2016, unveröffentlicht.
- [IN16] Initiative D21: <http://www.initiaved21.de/portfolio/d21-digital-index-2015/>, 5.12.2016
- [Sp13] Spiegel-Online: <http://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/kanzlerin-merkel-nennt-bei-obama-besuch-das-internet-neuland-a-906673.html>, 19.06.2013
- [TN16] TNS Infratest, <http://www.tns-infratest.com/presse/presseinformation.asp?prID=3474>, 05.12.2016

Towards digital wine certification in Germany

Henrich Brunke¹, James T. Lapsley², Rolf A.E. Mueller³ and Ludwig Tauscher⁴

Abstract: We discuss the potential for digitizing wine certification in Germany.

Keywords: wine certification, wine testing, Germany, digital information technology, analytic methods

1 Introduction

Complex information technologies may comprise analog and digital elements and they often require mental activity by humans. Most often, once a digital technology element has penetrated a complex technology system many of the remaining analog components are eventually converted into digital too and the mental activities are modified. Examples of this conversion, which we call the "Shannon Touch", abound: maps became GIS/GPS, ledgers became spreadsheets, and so forth. We expect this phenomenon to convert wine certification in Germany from a mixed analog, digital, and mental process into one that is digital and modified mental.

2 Wine certification in Germany

Even though wines vary widely in their valuable traits, most are sold in tightly closed opaque bottles, thereby hiding their contents from the senses of potential buyers. This practice renders wine buying risky for buyers. The risk is reduced when symbolic information is substituted for the sensory experience. The symbols are usually printed on the labels on a bottle. Wine labels don't reduce buyers' risk by much unless buyers are assured of the veracity of the print on the label. Certification provides this assurance.

In Germany a wine certification system was introduced by law in 1971. The system is compulsory for all wines with a protected designation of origin (PDO). In Germany, PDO-wines are better known under their traditional names "QbA" and "Prädikatswein". Due to the involvement of state governments in wine certification there are inter-state differences in the details of the wine certification procedures. We focus our study on the certification system in Rheinland-Pfalz, the largest wine producing state in Germany.

¹ Université catholique de Louvain, Economie Rurale, ELI, Place de la Croix du Sud 2, 1348 Louvain-la-Neuve, henrich.brunke@uclouvain.be

² Agricultural Issues Center, U. of California, One Shields Avenue, Davis, CA 95616, jtlapsley@ucdavis.edu

³ Institut für Agrarökonomie, CAU, Olshausenstr. 40, 24118 Kiel, raem@agric-econ.uni-kiel.de

⁴ Weinbauamt Alzey, Otto-Lilienthalstraße 4, 55232 Alzey, ludwig.tauscher@lwk-rlp.de

Despite the differences in details, all state certification systems rely on organoleptic assessment of the wines by an expert panel. The system is described in [Br16].

Wine certification involves four types of agents: (1) Bottlers ("Abfüller"), which include wine estates, cooperatives, and large wine bottling plants. (2) Accredited laboratories that datafy certain physical, chemical, and organoleptic properties of wines. (3) Wine test centers that are empowered by law to certify PDO-wines. (4) Wine test panels whose experts perform organoleptic tests and who rate the wines that undergo certification. Fig. 1 shows the activities and information flows that are generated for a wine during certification. In essence, the certification system does two things. It first datafies wine; it then decides on the basis of this data whether the wine meets the criteria of the quality category in which it is to be marketed. A wine that has been legally certified for a certain PDO-category is given an "Amtliche Prüfnummer" (A.P.-Nr.).

Most of the individual certification activities are rather mundane and involve processing forms and making routine decisions. Some of these processes have already been converted from analog to digital. Certification involves, however, several mental processes that are not easily converted into digital. These are, first, the mental processes that wine testers have to make when they appreciate a wine; the other comprise the final decisions by the director of the certification authority whether or not, and with what qualifications, a wine is granted an A.P.-Nr. The tasks of the wine testers are to assess the wine visually and to determine its odor. They taste the wine to determine whether it has any one of eleven wine faults, and they judge its typicality. Wine testers then have to rate the wine on a five point scale. Wines are tested in parallel by a panel of usually four testers. Typically, around sixty wines are tested per hour.

3 Prospects for digitizing the process

From an information perspective the job of wine testers is to datafy certain organoleptic attributes of wine. To this end, they taste it, judge it, and express their judgments as binary or ordinal numbers. We do not know in any detail how the wine testers do this. Fortunately, neuroenology sheds some light on wine tasting and testing [Sh15]. From the perspective of this new science tasting is an experience based on mental processes that receive information inputs from the eyes, the ears, and from a range of chemical and physical sensors located on the tongue, the cheek, the nose, and the nasopharynx. There is little prospect for substituting digital IT for the mental processes. The prospects for substituting or complementing the biological human sensors with analytic methods are, in contrast, much better. Relevant methods are gas chromatography, mass spectrometry, nuclear magnetic resonance spectroscopy, electronic noses, and electronic tongues [PHE08], [Ro14], [Sa12].

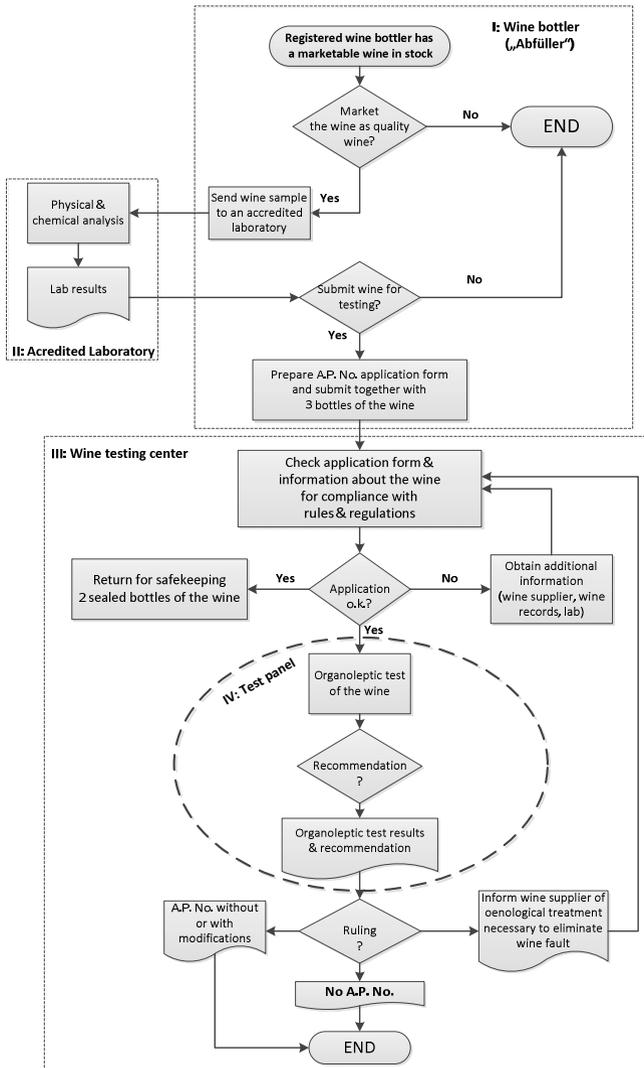


Fig. 1: Flowchart of the wine certification process

Essential components of the devices that perform the analyses have become digital. And once they were digital the devices have been subject to the important "laws" about the performance increase of digital IT: Moore's Law for processing capacity, Kryder's law for storage capacity, and Arthur's law about the complexity of digital devices. The laws, in combination with strong demand for mobile analytic devices by several industries, such as health, food, security, and environmental protection, have accelerated the evolution of analytic technology.

An example for this evolution is ^1H nuclear magnetic resonance (^1H NMR) spectroscopy. Commercial NMR systems for chemical analysis became available in the 1960s. First applications of the method to wine analysis were reported in the early 2000s. ^1H NMR is now used for commercial fingerprinting of wines [Go13], [Pi15]. Such methods are well suited to complement and perhaps to substitute wine testers' skills for detecting wine faults. Whether they are also suitable to perform or complement the more difficult task of rating wines is, however, an open question. Nevertheless, ^1H NMR analysis suggests that the "Shannon Touch" is about to affect wine certification.

4 Concluding remark

Innovation usually requires the availability of a new technology, entrepreneurship for its adoption, and, perhaps, some adaptation of laws and regulations. We have the technology for an innovative digital conversion of wine certification. Whether the conversion will be forthcoming will therefore depend on the supply of entrepreneurship and the adaptation of some legal rules.

References

- [Br16] Brunke, H., Lapsley, J. T., Mueller, R. A. E. and Tauscher, L.: "Tested Quality in the Glass": Wine Quality Certification in Germany. Working Paper No. 193, AAWE. New York, 2016.
- [Go13] Godelmann, R., Fang, F., Humpfer, E., Schütz, B., Bansbach, M., Schäfer, H. and Spraul, M.: Targeted and nontargeted wine analysis by (^1H) NMR spectroscopy combined with multivariate statistical analysis. Differentiation of important parameters: grape variety, geographical origin, year of vintage. *Journal of agricultural and food chemistry* 61/23, pp. 5610–5619, 2013.
- [PHE08] Polásková, P., Herszage, J. and Ebeler, S. E.: Wine flavor: chemistry in a glass. *Chemical Society Reviews* 37/11, pp. 2478–2489, 2008.
- [Pi15] Pilz, H.: Wein-Analytik der Zukunft. *Weinwirtschaft* 1, S. 12–15, 2015.
- [Ro14] Robinson, A. L., Boss, P. K., Solomon, P. S., Trengove, R. D., Heymann, H. and Ebeler, S. E.: Origins of Grape and Wine Aroma. Part 2. Chemical and Sensory Analysis. *American Journal of Enology and Viticulture* 65/11, pp. 25–42, 2014.
- [Sa12] Savage, N.: Technology: The taste of things to come. *Nature* 486/7403, pp. S18-S19, 2012.
- [Sh15] Shepherd, G. M. (2015). Neuroenology: how the brain creates the taste of wine. *Flavour* 4/01, pp. 540ff, 2015.

Development of a minimalistic low-cost UAV platform for simple airborne measurements

Benjamin Bruns¹

Abstract: For specific tasks in field phenotyping, e.g., georeferencing of new experimental plots for upcoming observations, there is the need of simple, often short-termed airborne measurements. For this scenario we developed a minimalistic low-cost UAV platform. This platform can be easily adapted to different sensor setups. Due to its price and simplicity it can be constructed multiple times and so be used simultaneously. A first version of our flexible UAV software framework (“SimpleUavAdapter”) is available and first test flights with simple measurements have been completed successfully. To further simplify the execution of GPS-triggered measurement tasks the development of a lightweight scheduling component (“FuRIOS client agent”) is planned.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Remote Sensing, Phenotyping, Precision Agriculture

1 Motivation

In the area of field-phenotyping complex, time-consuming and often multi-sensor based screening methods are frequently needed. An example is here the classification of plant performance or energy absorption based on multispectral data (compare [B+15]). Besides these complex tasks there is also the need of simple, often short-termed measurements like a quick inspection of a specific area (plot) or environmental monitoring on given positions. To later systematically conduct such (simple and complex) screening tasks a specialised information system called “FuRIOS” ([BB16]) has been developed at the Jülich Plant Phenotyping Center (JPPC). This also includes the access to a comprehensive database backend through the integration of “PheOMIS” ([Sc13]) for managing experimental results.

Concerning phenotyping activities at JPPC there is a demand for both approaches. For the first class of so-called “deep phenotyping“ related measurements existing platforms like the “IBG-2 Copter“ (UAV) or the “FieldCOP“ (UGV) can be utilized. Although these systems are also suited for the second class of simple measurements they are completely oversized for these tasks, especially concerning operating costs, logistic efforts and the complexity of configuration as well as sensor adaptations. Also availability is limited. Currently at JPPC only one of each UGV and UAV system exists.

To overcome this limitation a prototype of a simple low-cost UAV sensor platform has been developed. With hardware costs around 60 for the basic UAV components and

¹ IBG-2: Pflanzenwissenschaften, Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich, b.bruns@fz-juelich.de

easy-to-follow assembly instructions it can be easily manufactured, customized and deployed on multiple locations. Essential is here the simple integration of new sensors due to the simplicity of the software framework and our UAV.

2 Construction and customization

Most UAV systems rely on multicopter based approaches. This can result in proper and flexible solutions. Disadvantage here is that for the establishment of a robust (crash tolerant) aircraft quite expensive components and spare parts are needed. The so-called “ArduSmartPilot” project (<http://www.ardusmartpilot.de>) from Reutlingen University published in 2014 offers a different solution and is freely licensed (CC-BY-NC-SA). This UAV is based on an extremely durable throw glider (Miniprob Felix 80) and around 13 low-cost model making components. Basically a “toy” plane is converted to a motorized aerial vehicle with an elevator, rudder, and propeller (see Fig. 1). This setup provides limited payload (around 120 gram), but enough for a lightweight RGB or even a multispectral camera (example: Parrot Sequoia).

Essentially the component list and assembly instructions have been directly adopted from the original “ArduSmartPilot” guide. The only major change was to replace the “Arduino Pro Mini” and “BTM-222” Bluetooth module with a “Genuino MKR1000 Wi-Fi” SoC-module to enable remote controlling with distances significantly above 100 meters, save payload and to increase the maximum possible Arduino program size.

The sample application of the “ArduSmartPilot” project provides two separate programs: the Android remote controlling APP and the Arduino UAV control agent. That was a good starting point for our platform, especially for GUI design. But the source code turned out to be hard to adapt due to the limitations of the underlying development platform (Processing) and the not existing abstraction layer for the flying and sensor hardware. Since good adaptability to different sensor setups was a major requirement these two programs have been completely (re-)developed by directly using the standard Android SDK and distinct C-libraries. This encapsulates (“wraps”) access to the various sensors and flying control components. Our UAV framework is currently named “SimpleUavAdapter”.

In our framework the measurement of (sensor) data is initiated and dispatched by our rewritten Android APP using MQTT messaging. Subsequently, data is plotted and presented to the user based on the open-source (Apache 2.0 license) library “Androidplot” (<http://www.androidplot.de>).

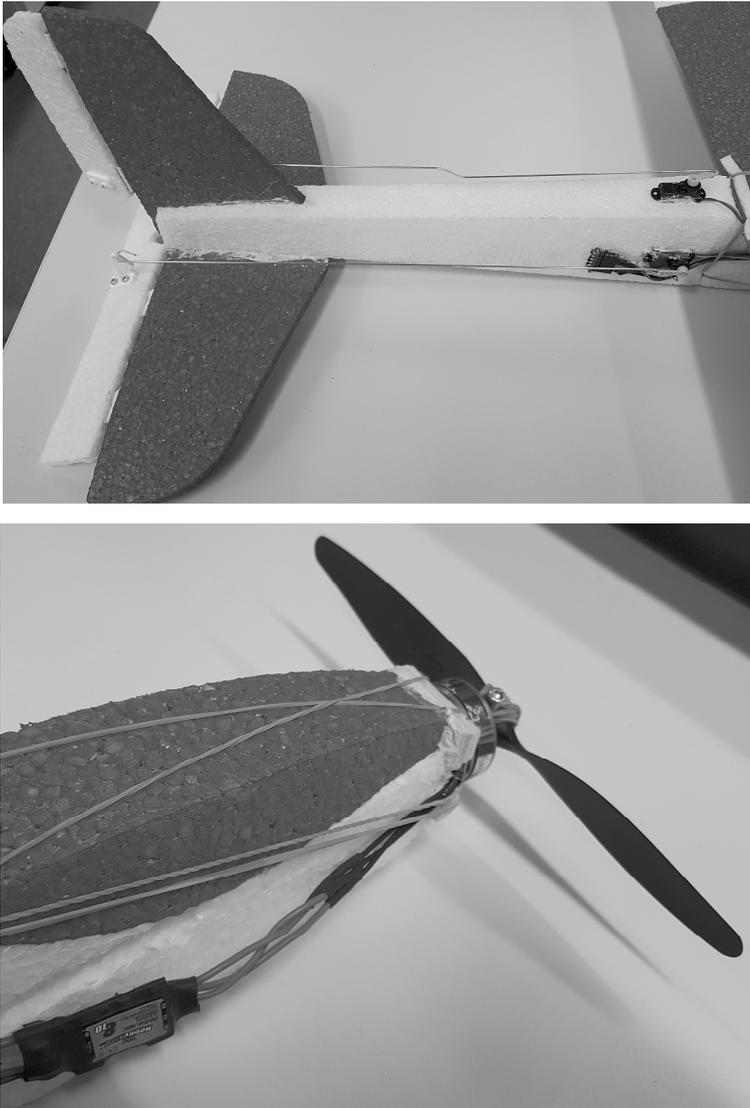


Fig. 1: Setting up a controllable rudder (a) and propeller (b) according to the “ArduSmartPilot” instructions

3 First tests and results

For our first test scenario we used a setup of a temperature sensor (DS1820), an accelerometer (MPU6050), and a low-cost GPS-logger (U-Blox Neo-6M). Besides some

problems concerning flight stability the GPS-aware temperature measurements have been carried out successfully. Also the “temperature hotspot” (fire place in the field) could be localized in the measurement data.

After improving the flight characteristics our UAV the temperature sensor and accelerometer have been replaced by a lightweight multispectral camera (Parrot Sequoia). Due to the flexible software architecture of our “SimpleUavAdapter” the necessary changes (hardware layer) were easy to implement. Now in a larger and more realistic test scenario (see Fig. 2) parts of a wheat field could be successfully approached and monitored. A first evaluation of the multispectral data (see Fig. 2) showed reasonable results (same spots of stripe rust), comparable to the measurement results of the far more expensive UAV “IBG-2 Copter” (based on an AscTec Falcon-8).

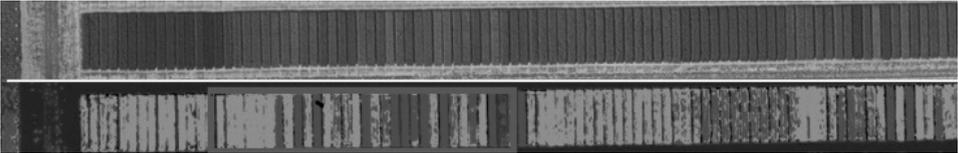


Fig. 2: Overflight image of wheat stocks (upper part) and mapped results of the multispectral images (lower part) acquired by our low-cost UAV platform.

4 Conclusion and outlook

The development of our low-cost UAV sensor platform is still in an early stage but first test flights and measurements have been carried out successfully. A first version of our framework “SimpleUavAdapter” (Android APP + Arduino UAV control agent) has been produced. The UAV can be controlled via our Android APP and data from all configured sensors is accessible and persisted. Still the remote control has to be fine-tuned and georeferenced sensor data has to be checked in more detail. Still the first results are promising and the flying / control range is sufficient for our experimental needs. An important next step is the development of a “FuRIOS client agent” for our UAV to simplify the execution of GPS-triggered measurement tasks like capturing RGB images.

References

- [BB16] Blechmann, T.; Bruns, B.: Entwicklung eines serviceorientierten Informationssystems für Phänotypisierungsmessungen im Freiland, 36. GIL-Jahrestagung, Bonn, 2016.
- [B+15] von Bueren, S.K.; et al.: Deploying four optical UAV-based sensors over grassland: challenges and limitations, *Biogeosciences*, 12, 163-175, 2015.
- [Sc13] Schmidt, F.; et al.: A Distributed Information System for Managing Phenotyping Mass Data, 33. GIL-Jahrestagung, Potsdam, 2013.

Die Verwendung von p-Werten in den Agrarwissenschaften

Björn Christensen¹, Sören Christensen² und Tobias Sohr²

Abstract: Weil Datenanalyse in den Agrarwissenschaften einen immer höheren Stellenwert gewinnt, wird auch hier der richtige Umgang mit dem p-Wert immer wichtiger. Der p-Wert ist eine der meistgenutzten statistischen Größen, um Signifikanz festzustellen und daraus Entscheidungsregeln abzuleiten. Gleichzeitig wird die richtige Interpretation und die Aussagekraft des p-Wertes bei vielen Anwendungen in der Statistik lebhaft diskutiert. Im Folgenden werden wichtige Aspekte dieser Diskussion dargestellt, erläutert und anhand eines aktuellen Beispiels illustriert.

Keywords: Angewandte Statistik, p-Wert

1 Einleitung

Im Zuge der digitalen Transformation gewinnt die statistische Auswertung großer Datensätze immer größere Bedeutung in den Agrarwissenschaften. In den letzten Jahren entstanden vielfältige neue technische Möglichkeiten zur Datenerfassung und -auswertung. Die dadurch gestiegene Verfügbarkeit an Informationen schafft neben der Wissenschaft sogar für einzelne landwirtschaftliche Betriebe und andere Unternehmen des Agrarsektors die Möglichkeit, durch Datenanalyse Wettbewerbsvorteile zu erlangen. Infolgedessen ist die Notwendigkeit, datenbasiert Entscheidungen zu treffen, zunehmend Bestandteil sowohl der Agrarwissenschaften als auch der agrarökonomischen Praxis.

Insofern ist das Verständnis statistischer Methoden in den Agrarwissenschaften hilfreich. Eine besondere Rolle nimmt dabei der p-Wert ein. Einerseits ist der p-Wert eine der meistgenutzten Größen, um in der Statistik Signifikanz festzustellen, andererseits werden Interpretation und Aussagekraft desselben in der Statistik lebhaft diskutiert. Verwiesen sei dabei auf die Stellungnahme der American Statistical Association (ASA) zur Interpretation des p-Wertes [ASA16] und zum korrekten Umgang mit diesem. In diesem Beitrag wird diese Diskussion zusammengefasst und anhand des Beispiels aus [LH16] exemplarisch für die Agrarwissenschaften erläutert.

¹ Fachhochschule Kiel, Institut für Statistik und Operations Research, Sokratesplatz 2, 24149 Kiel, Bjoern.Christensen@fh-kiel.de

² Universität Hamburg, Bereich Mathematische Statistik und Stochastische Prozesse, Bundesstraße 55, 20146 Hamburg, soeren.christensen@uni-hamburg.de, tobias.sohr@uni-hamburg.de

2 Kernpunkte der ASA-Stellungnahme

2.1 Eigenschaften des p-Wertes

Der p-Wert wird zur Untersuchung der Plausibilität von Hypothesen in statistischen Modellen genutzt. Unter einer solchen Hypothese ergibt sich, wie eine Testgröße (oft z.B. das Stichprobenmittel) theoretisch verteilt ist, wenn die Hypothese wahr wäre. Der p-Wert ist dann die Wahrscheinlichkeit, dass die Kenngröße bei wahrer Hypothese mindestens so extreme Werte annimmt, wie man sie in den Daten beobachtet hat. Aus dieser Definition ergeben sich einige Implikationen für den richtigen Umgang mit dem p-Wert:

- Der p-Wert kann ein Indikator dafür sein, wie kompatibel der analysierte Datensatz mit der vorher aufgestellten Hypothese ist.
- Er ist jedoch nicht die Wahrscheinlichkeit, dass die aufgestellte Hypothese wahr ist. Ebenso wenig „beweist“ ein hoher p-Wert die Gültigkeit der aufgestellten Hypothese.
- Es können bei demselben Datensatz sehr viele Hypothesen zu einem hohen p-Wert führen, sodass ein hoher p-Wert nicht als Beleg für die Richtigkeit einer Hypothese angesehen werden kann. Ein hoher p-Wert kann auch bei falscher Hypothese eintreten, etwa durch Zufall oder weil eine unpassende Testgröße gewählt wurde. Beispielsweise benötigt man für einen t-Test eine Stichprobe normalverteilter Ergebnisse. Wenn das nicht gewährleistet ist, sind Schlüsse aus einem hohen oder niedrigen p-Wert beim t-Test nicht zulässig.
- Auch ist bei einem niedrigen p-Wert die aufgestellte Hypothese keinesfalls zwangsläufig falsch. Ein p-Wert von 0,05 bedeutet gerade, dass, führt man dasselbe Zufallsexperiment 20-mal durch, im Mittel eines der Experimente ein Ergebnis mindestens genauso weit weg vom erwarteten Ergebnis liefert.
- Die oft angewandte Entscheidungsregel, bei $p \leq 0,05$ die Hypothese abzulehnen und andernfalls anzunehmen, ist demzufolge kein Naturgesetz.
- Der p-Wert erlaubt keinerlei Schlussfolgerungen auf die Größe des gemessenen Effektes, genauso wenig zu dessen Wichtigkeit oder dessen ökonomischem Nutzen. Einfach ausgedrückt kann man, misst man nur genau genug, jeden beliebig kleinen Effekt messen. Das heißt in Termen der Statistik ausgedrückt: Ist die Stichprobengröße hinreichend groß, liefert schon eine nur marginal von der Hypothese abweichende Testgröße einen sehr geringen p-Wert. Dann mag diese Abweichung zwar signifikant sein, aber nicht unbedingt relevant.

2.2 Der richtige Umgang mit dem p-Wert

Aus den genannten Eigenschaften des p-Wertes lassen sich einige Grundsätze zum Umgang mit demselben ableiten.

- Der p-Wert sollte nicht als einzige Entscheidungsgrundlage genutzt werden, da z.B. die Tatsache, dass der p-Wert für eine bestimmte Testgröße nahe 0,05 liegt, isoliert betrachtet nur geringe Aussagekraft besitzt. Stattdessen sollten weitere Testgrößen und Methoden betrachtet werden. Vor allem aber sollte der größere Rahmen der Datenerhebung nicht aus den Augen verloren werden.
- In der Datenanalyse allgemein sowie insbesondere beim Umgang mit p-Werten ist eine genaue Betrachtung der Methodik der Datenerfassung extrem wichtig. Testet man beispielsweise 20 Düngemittel gegen die Nullhypothese, die Mittel seien wirkungslos, indem man einfach die Abweichung der Ergebnisse von null betrachtet, wird mit hoher Wahrscheinlichkeit eines einen p-Wert $\leq 0,05$ aufweisen, auch wenn die Mittel in Wahrheit wirkungslos sind und die Ergebnisse sich nur wegen Zufallseinflüssen unterscheiden. Insofern würde „cherry-picking“, also die isolierte Betrachtung nur dieses einen Ausreißers, zu vollkommen falschen Schlussfolgerungen führen. Ein damit eng verwandtes Problem ist der sog. „Publikations-Bias“, der entsteht, wenn (ungewöhnliche) Ergebnisse mit einem niedrigen p-Wert veröffentlicht werden, nicht aber jene aus den selben Daten stammenden mit keinerlei Auffälligkeiten. Letztere sind jedoch (wie oben beispielhaft erklärt) unbedingt nötig, um die Ergebnisse richtig zu deuten.
- Der p-Wert ist keine isolierte Teststatistik, sondern gehört immer zu einem Test. Genauer gesagt gibt er an, wie sich das Ergebnis einer berechneten Testgröße mit den Annahmen über diese verträgt. Je nachdem, was man testet, bekommt man also möglicherweise sehr unterschiedliche p-Werte. Insofern ist es wichtig, für die aus der Analyse benötigten Rückschlüsse zunächst einen passenden Test und sinnvolle Annahmen zu finden und die p-Werte dann unter Berücksichtigung dieser zu interpretieren.
- Es ist nicht zulässig, aus p-Werten Rückschlüsse auf die Gründe oder die Höhe von gemessenen Effekten zu ziehen. Ein niedrigerer p-Wert bedeutet nicht automatisch einen stärkeren Effekt. Der p-Wert kann lediglich ein Indikator dafür sein, dass ein Effekt existiert. Die Stärke des Effekts muss ergänzend und vor allem inhaltlich bewertet werden. Auch die Frage, warum ein Effekt existiert, kann durch den p-Wert nicht erklärt werden.

3 Ein praxisnahes Beispiel: Erzeugerpreise von Weizen in Norddeutschland

In [LH16] wird der Erlös von 204 norddeutschen Betrieben durch den Verkauf von Win-

terweizen über den Zeitraum von 2003 bis 2014 analysiert: Unter anderem wird untersucht, ob die Daten Rückschlüsse darauf zulassen, dass einzelne Betriebe ihre Produkte signifikant besser vermarkten als der Durchschnitt. Der mittlere Verkaufspreis aller Betriebe in diesem Zeitraum lag bei 15,64 Euro pro dt. Die jeweils mittleren Verkaufspreise der Betriebe liegen zwischen 13,36 und 17,66 Euro pro dt. Nun stellt sich die Frage, ob einige Betriebe wirklich „besser“ in der Vermarktung agieren oder ob dessen höherer Erlös „Glück“, also zufallsbedingt ist. Es wäre jetzt genau das oben erwähnte „Cherry-Picking“ und damit ein Fehler, einfach das Ergebnis einzelner Betriebe gesondert zu betrachten. Denn bei 204 betrachteten Betrieben ist es vollkommen natürlich, wenn einige davon teilweise weit vom Mittelwert abweichende Ergebnisse erzielen. Vielmehr muss man zuerst sinnvolle Tests zur Hypothese auswählen, in diesem Beispiel einen t-Test und einen Wilcoxon-Test. Bei diesen dann kann man überprüfen, ob wirklich ca. 5% der Betriebe bei den Tests ein Ergebnis mit einem p-Wert unter 0,05 erzielen, denn das wäre zu erwarten, wäre die Hypothese wahr. Allerdings erzielen in dem Beispiel bei dem t-Test 11% und bei dem Wilcoxon-Test sogar 11,7% der Betriebe einen p-Wert von unter 0,05. Deswegen wird die Hypothese, die Unterschiede der Betriebserlöse seien rein zufälliger Natur, abgelehnt. Anhand dieses Beispiels ist folglich zweierlei erkennbar. Erstens ist es wichtig, beim Interpretieren von p-Werten das Design der Studie zu berücksichtigen und nie einzelne Daten isoliert zu betrachten. Zweitens können unterschiedliche Tests derselben Hypothese zu unterschiedlichen p-Werten und sogar zu unterschiedlichen Ergebnissen und in der Konsequenz zu unterschiedlichen Entscheidungen führen.

4 Fazit

P-Werte sind keine eigenständigen Teststatistiken, sondern immer nur ein Mittel zur Interpretation solcher. Insofern hängen sie stark von den jeweiligen Annahmen und den jeweiligen Tests ab. Demzufolge sollten sie nie isoliert betrachtet werden und geben allenfalls Hinweise auf statistische Zusammenhänge vor dem Hintergrund des gewählten Testdesigns, nicht jedoch auf kausale Aussagen.

Literaturverzeichnis

- [ASA16] American Statistical Association.: ASA Statement on Statistical Significance and P-Values. The American Statistician, 2016, Vol. 70, Nr. 2, 129-133.
- [LH16] Loy, J.; Holzer, P.: Messung des Vermarktungserfolges. Intelligente Systeme Stand der Technik und neue Möglichkeiten, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2016, 113-116

Zukunftsforschung und strategische Vorausschau für die Landwirtschaft

Michael Clasen¹

Abstract: In diesem Artikel wird die strategische Vorausschau als eine Methode der Zukunftsforschung vorgestellt. Die entwickelten Szenarien können Entscheidern helfen, besser auf zukünftige Entwicklungen vorbereitet zu sein. Die GIL könnte eine Plattform sein, um Trends in der Landwirtschaft und Agrarinformatik zu identifizieren.

Keywords: Zukunftsforschung, Strategische Vorausschau, Foresight, Trendanalyse

1 Einleitung

Prognosen sind schwierig, vor allem, wenn sie in die Zukunft gerichtet sind. Noch schwieriger sind Prognosen, wenn sie für Bereiche aufgestellt werden, die eine hohe Dynamik und Nichtlinearität aufweisen. Die rasante und häufig unvorhersehbare Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologien in den letzten Jahren ist ein Beispiel hierfür. Nichtsdestotrotz wünschen sich Entscheider Methoden, um die Unsicherheit zukünftiger Entwicklungen reduzieren zu können. „Dabei kommt es nicht darauf an, die Zukunft vorherzusagen, sondern darauf, auf die Zukunft vorbereitet zu sein“ (Perikles, 490-429 v. Chr.). Die strategische Vorausschau ist eine Methode der Zukunftsforschung, die hierfür geeignet ist und vielleicht auch für die Landwirtschaft sinnvoll eingesetzt werden kann.

In dem Beitrag wird zunächst die Zukunftsforschung begrifflich umrissen. Danach wird die Methode der strategischen Vorausschau vorgestellt. Der Beitrag endet mit einer Überlegung, ob sich die GIL (www.gil.de) eignen könnte, einen Beitrag zur Entwicklung von Trends in der Agrarinformatik zu leisten.

2 Zukunftsforschung

Im Bereich der Zukunftsforschung gibt es derzeit keine allgemein akzeptierte Terminologie. Wie Abbildung 1 zeigt, werden die Begriffe Zukunftsforschung und Foresight uneinheitlich verwendet. Im weiten Sinne stehen sie für die gesamte Disziplin und schließen auch die philosophische Diskussion über Zukunftsthemen (1.), sowie die aktive Gestaltung der Zukunft (4.) mit ein. Im engen Sinne beschreiben diese Begriffe die

¹ Hochschule Hannover, Abteilung Wirtschaftsinformatik, Ricklinger Stadtweg, 30459 Hannover, michael.clasen@hs-hannover.de

Entwicklung von Methoden für die Zukunftsforschung (2.), sowie deren praktische Anwendung (3.). Zu diesen Methoden gehört neben diversen Simulationsverfahren auch die strategische Vorausschau, die im Folgenden kurz erläutert wird.

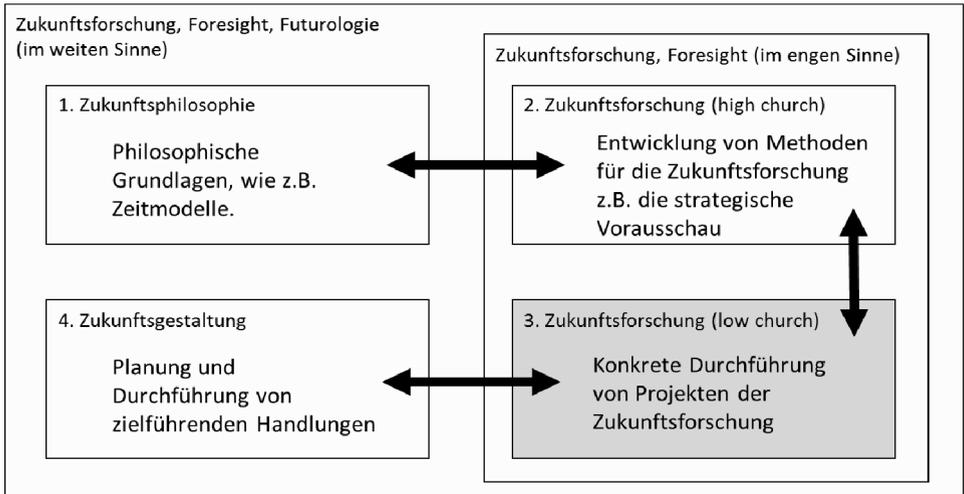


Abb. 1: Übersicht über Bereiche der Zukunftsforschung (in Anlehnung an [Gr15], S. 69)

3 Strategische Vorausschau

Die strategische Vorausschau beschäftigt sich „mit möglichen, zukünftigen Entwicklungen, um besser auf diese vorbereitet zu sein und sie – wo möglich – zu gestalten“ [Th16]. Man kann sie auch als „gedankliches Probehandeln“ oder ein „Denken auf Vorrat“ bezeichnen. Das Ergebnis sind Zukunftsszenarien, also mögliche Zukünfte, die z.B. bei der strategischen Planung oder dem Management künftig benötigter Fähigkeiten hilfreich sein können. Es werden aber keine Vorhersagen dahingehend gemacht, das z.B. Eintrittswahrscheinlichkeiten der einzelnen Szenarien angegeben werden.

Da die Zukunft von sehr vielen Faktoren aus den unterschiedlichsten Fachdisziplinen beeinflusst wird, ist die strategische Vorausschau grundsätzlich multidisziplinär. Entwicklungen in den Bereichen Naturwissenschaft, Ingenieurwissenschaft, Ökonomie, Politik, Informations- und Kommunikationstechnologie sowie der Soziologie spielen häufig eine wichtige Rolle für künftige Entwicklungen in anderen Bereichen und sollten somit beobachtet werden. Da für eine bestimmte Vorausschau nicht alle Entwicklungen gleichermaßen relevant sind, müssen diese anwendungsbezogen gefiltert werden. Das Ergebnis ist eine Trendlandschaft, die z.B. in Form eines sog. Trendradars übersichtlich dargestellt werden kann. So könnte beispielsweise ein Schweinemäster die für ihn relevanten Entwicklungen identifizieren und Veränderungen im Trendradar erkennen.

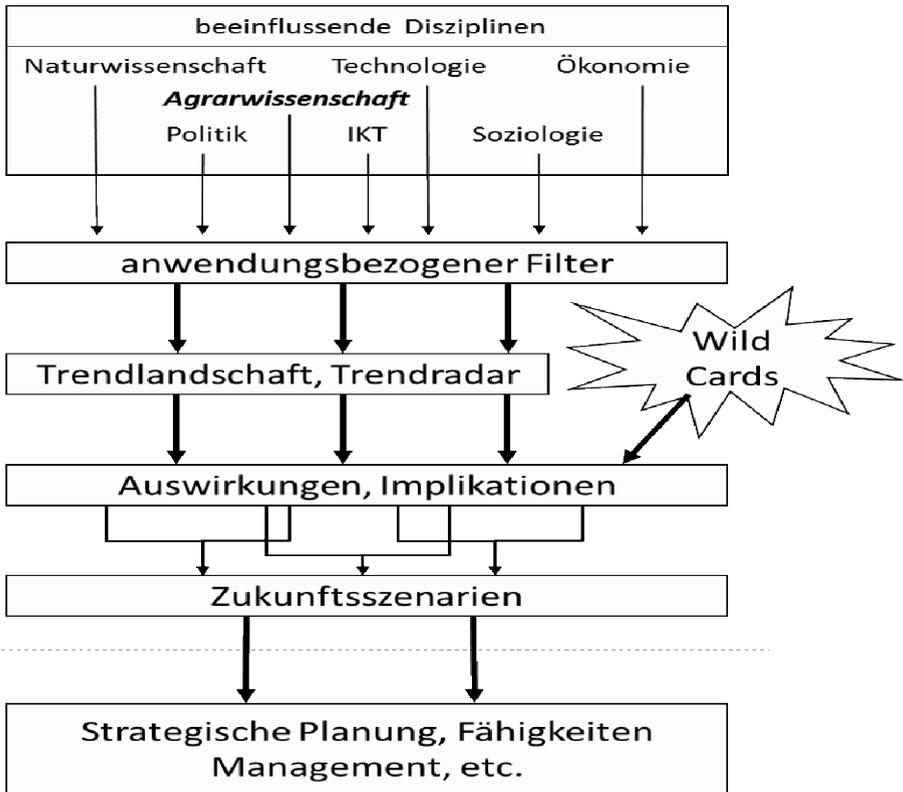


Abb. 2: Der Prozess der strategischen Vorausschau

Im nächsten Schritt werden die Auswirkungen dieser Trends auf die eigene Tätigkeit analysiert. So wird vermutlich der Trend, dass sich immer mehr Menschen vegan ernähren, isoliert betrachtet dazu führen, dass die Nachfrage nach Schweinefleisch rückläufig ist. Eine steigende Weltbevölkerung, sinkende Transportkosten oder die Abwendung großer Bevölkerungsgruppen vom Islam könnten jedoch die Nachfrage nach Schweinefleisch steigen lassen. Daher werden die einzelnen Implikationen kombinatorisch in Zukunftsszenarien zusammengefasst. Da die Zahl der Kombinationen schnell sehr groß werden kann, sollten nicht zu viele Trends berücksichtigt werden und nur plausible und in sich konsistente Szenarien gebildet werden. Romeike und Spitzner [RS13, S. 96] empfehlen nicht mehr als 20 Einflussfaktoren zu berücksichtigen, wobei die richtige Auswahl der Faktoren für die Qualität der Szenarien natürlich entscheidend ist.

Eine besondere Rolle spielen die sog. Wild Cards oder Black Swans [Ta07]. Hiermit sind seltene Ereignisse gemeint, die nicht vorhergesagt wurden, aber zu völlig anderen Zukunftsszenarien führen. Somit stellen Wild Cards eine besondere Herausforderung für die Zukunftsanalyse dar. Treten Wild Cards zu häufig auf, könnte dies die Brauchbarkeit einer strategischen Vorausschau zunichtemachen.

4 Eine mögliche Rolle der GIL

Der in Kapitel 3 dargestellte Prozess der strategischen Vorausschau basiert auf Entwicklungen und Trends der verschiedensten Disziplinen. Diese Trends zu identifizieren ist nicht leicht, zumal niemand Experte in allen Fachgebieten sein kann. Hier wäre es sinnvoll, wenn jede Fachdisziplin in regelmäßigen Abständen ihre eigenen Trends analysieren und aufbereitet zur Verfügung stellen würde. Auf dieser Basis könnten strategische Vorausschau deutlich schneller und kostengünstiger für die unterschiedlichsten Fragestellungen entwickelt werden, da Doppelarbeit vermieden werden würde. Im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie haben diese Aufgabe vor allem Marktforschungsunternehmen und Unternehmensberatungen wie Capgemini [Ca16], Forrester [Fo16], Gartner [Ga16] oder IDC [IDC16] übernommen. Für den Bereich der Agrarformatik fehlen solche Trendlandschaften. Vielleicht könnte die GIL diese Lücke schließen und auf jeder Jahrestagung ein Diskussionsforum durchführen, das die aktuellen Trends identifiziert und aufbereitet zur Verfügung stellt. Um die Ergebnisse der Teildisziplinen zusammenzuführen gibt es Organisationen wie das Netzwerk Zukunftsforschung, in dem sich Forscher der unterschiedlichsten Disziplinen treffen und austauschen (www.netzwerk-zukunftsforschung.eu).

Literaturverzeichnis

- [Ca16] Capgemini (2016): <https://www.de.capgemini.com/it-trends-studie>, 2016.
- [Fo16] Christoph Lixenfeld von Forrester Research. 12 Trends in der Softwareentwicklung 2016, <http://www.cio.de/a/12-trends-in-der-softwareentwicklung-2016,3251339>, 2016.
- [Ga16] Gartner: Gartner Technologie Trends 2016, <http://www.cio.de/g/gartner-10-technologie-trends-fuer-2016,112036,2#galleryHeadline>, 2016.
- [Gr15] Gransche, Bruno: Vorausschauendes Denken, transcript Verlag, Bielefeld, 2015.
- [IDC16] Lynn K. Thorenz von International Data Corporation (IDC). 2016 wird für CIOs ein Wendepunkt. <http://www.cio.de/a/2016-wird-fuer-cios-ein-wendepunkt,3251301>, 2016
- [RS13] Romeike, Frank, Spitzner, Jan: Von Szenarioanalyse bis Wargaming. Wiley, Weinheim, 2013.
- [Ta07] Taleb, Nassim Nicholas: The Black Swan, The Random House, New York, 2007.
- [Th16] Theiler, Olaf: 10 Jahre Zukunftsanalyse der Bundeswehr, Planungsamt der Bundeswehr, 2016.

Verbesserung logistischer Prozesse durch Dezentralisierung von Entscheidungen

Henning Deeken¹, Florian Krampe¹ und Thilo Steckel¹

Abstract: Die Planung und Steuerung von logistischen Ketten erweist sich in der Landwirtschaft oft als Herausforderung, da unvermeidbare Störungen im Ablauf und Kapazitätsengpässe auftreten. Diese adäquat zu behandeln bedarf einer engen Abstimmung aller Prozessteilnehmer, eine Aufgabe der zentralen Planungsarchitekturen oft nicht gewachsen sind, da es an den geeigneten Kommunikationskanälen von und zur Prozessebene mangelt. Die dezentrale Vernetzung von Maschinen und eine verteilte Entscheidungsfindung auf Prozessebene scheinen viel versprechende Ansätze, um Probleme frühzeitig am Ort des Entstehens zu erkennen und zu behandeln. Das Projekt SOFiA erforscht Verfahren zur dezentralen Entscheidungsunterstützung in logistischen Netzwerken mithilfe sogenannter Smart Objects. Die dem Projekt zugrundeliegenden Ideen werden im Folgenden am Anwendungsfall der Silomaisenernte vorgestellt.

Keywords: Logistik, Prozesskettenoptimierung, Smart Objects, Transportlogistik, Silomaisenernte

1 Einleitung

Die meisten landwirtschaftlichen Verfahren beinhalten logistische Unterprozesse, wie zum Beispiel Materialflüsse vom Feld zum Lager (Ernte), sowie vom Lager zum Feld (z.B. Düngung, Pflanzenschutz). Durch eine Vielzahl von involvierten Maschinen und betrieblichen Akteuren in Kombination mit einer hoch dynamischen Umgebung kommt es jedoch regelmäßig zu Störungen beim Transport und Umschlag von landwirtschaftlichen Gütern. Zur Reaktion auf diese Störungen wird in der Praxis oft auf die Erfahrung der involvierten Personen gesetzt, welche durch informelle Kommunikation (per Betriebs- oder Mobilfunk) und auf Basis qualitativer Abschätzungen Entscheidungen treffen. Eine quantitative Analyse der Prozesskette und der damit verbundenen Daten wird, wenn überhaupt, in der Vorplanung einer Erntekampagne durchgeführt. Hier kommen oftmals digitale Dispositionssysteme ohne spezielle landwirtschaftliche Ausprägung zum Einsatz. Systeme die den Prozessablauf auch zur Laufzeit analysieren und bei Bedarf auf quantitativer Datenbasis neu planen und steuern existieren derzeit nicht. Wohl aber stellen Flottenübersichtsanwendungen mittlerweile planungsrelevante Daten auf allen Maschinen zur Verfügung. Diese auszuwerten ist derzeit Aufgabe der Maschinenbediener. An dieser Stelle setzt das Projekt SOFiA an, in dem es die Maschinen zu sogenannten Smart Objects (SO) erweitert, die auf Basis geteilter Informationen eigenständig Entscheidungen über den Prozess treffen können und diese als Handlungsempfehlungen an den Bediener weiterleiten, welche diese dann ausführen.

¹ CLAAS E-Systems KGaA & Co KG, Bäckerkamp 19, 33330 Gütersloh, {vorname.nachname}@claas.com

2 Dezentrale Steuerung und Planung

Die Planung logistischer Wertschöpfungsketten (engl. *supply chains*) wird zurzeit meist über zentrale Steuerungsansätze realisiert. Diese Ansätze bauen auf einen zentralen Knotenpunkt, an den alle Prozessteilnehmer (die ausführenden Maschinen) in einem sternförmigen Netzaufbau verbunden sind. Der zentrale Knoten übernimmt die Aufgabe die für die Planung relevanten Zielgrößen und Randbedingungen der Prozesskette in einem quantitativen Modell abzubilden [Wi13] und auf diesem zu planen. Zur Vorplanung erweist sich dies als sinnvoll, da bei vollständig vorliegenden Informationen über den Prozess auch mathematisch optimale Lösungen gefunden werden können. Zur Steuerung von verteilten Prozessen, wie in der Landwirtschaft, ist die Verwendung eines zentralen Steuerungssystems von Nachteil: Zuerst müssen alle Prozessinformationen von den Teilnehmern in das zentrale System gesandt werden, und ebenso alle Steuerbefehle nach der Planung an diese zurück gegeben werden. Insbesondere bei räumlicher Trennung der Prozessteilnehmer in Kombination mit infrastrukturellen Problemen, wie mangelnder Mobilfunkabdeckung, kostet die zentrale Planung mehr Zeit als eine adäquate, zeitnahe Reaktion erlaubt (vgl. Abbildung 1, links). Die dynamische Anpassung verteilter Prozesse zur Laufzeit ist mit einem zentralen Ansatz deshalb selten möglich.

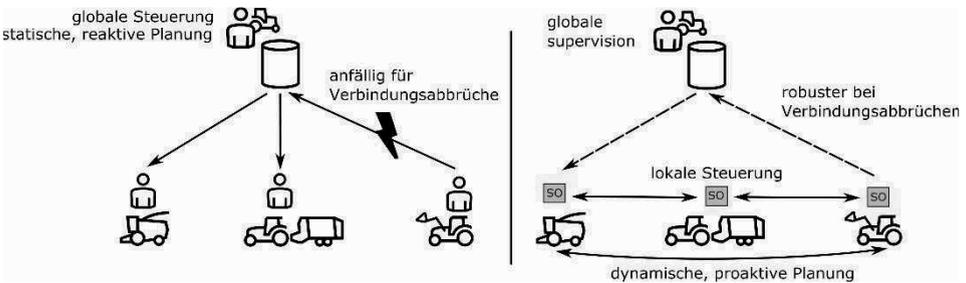


Abb. 1: Vergleich einer zentralen (links) und einer dezentralen Steuerungsarchitektur (rechts)

Dezentrale Ansätze hingegen beruhen auf der Idee, die Entscheidungsfindung auf die einzelnen Prozessteilnehmer zu verteilen und in räumlich eingegrenzten Teilprozessen durch direkte End-zu-End Kommunikation genügend Informationen zusammen zu tragen, um lokale Prozessoptimierung zu betreiben. Entscheidungen sollen, sofern möglich, unmittelbar dort getroffen werden, wo ein Problem auftritt. Damit eine dezentrale Prozesssteuerung gelingt, ist es also sinnvoll den betrachteten Prozess in möglichst unabhängige Teilschritte zu segmentieren. Bei der Silomaiserte ist dies möglich, da die ortsgelassenen Unterprozesse der Ernte im Feld teilweise unabhängig von denen der Einlagerung am Silo sind und somit auch größtenteils lokal koordiniert werden können (vgl. Abbildung 1, rechts). Es wird angenommen, dass jene Prozesse, in denen mehrere Maschinen in räumlicher Nähe interagieren, auch diejenigen sind, die schnelle Reaktionen erfordern und auch auf den Austausch größere Mengen von Daten angewiesen sind. Die Koordination des Überladevorgangs vom Feldhäcksler auf ein Transportfahrzeug,

zum Beispiel, erfordert eine zeitnahe, durchgehende Kommunikation zwischen beiden Maschinen zur Koordination von Fahrtrouten, der Steuerung der Überladeautomatik, sowie dem Austausch der übergeladenen Erntemenge. Diese Daten können vollständig lokal, also über direkte Kommunikation mit hoher Konnektivität versandt werden, um die relevanten Informationen für eine lokale Planung und Steuerung auf einer Maschine vor Ort zu aggregieren. Der Umweg über eine zentrale Steuerungseinheit ist hier nicht nötig. Einige Steuerungsvorgänge, wie zum Beispiel das Scheduling der Transportfahrzeuge, müssen jedoch auch über räumliche Distanz hinweg und in einer globalen Sicht auf den Prozess realisiert werden. Auch dies lässt sich in einer dezentralen Architektur lösen, indem einzelne Maschinen als Koordinatoren für eine Reihe von Unterprozessen bestimmt werden, welche die Statusinformationen dieser Prozesse zusammenfassen und gebündelt koordinieren. Die Zuweisung der entsprechenden Rolle ist hierbei nicht statisch festgelegt, sondern wird nach Kriterien wie verfügbarer Konnektivität vergeben und adaptiert. In der Silomaisernernte bietet es sich an, jeweils einen Feldhäcksler für alle Prozesse im Feld und ein Verdichtungsfahrzeug für die Prozesse am Silo einzusetzen. Diese aggregieren dann lokal alle relevanten Informationen und prozessieren diese soweit, dass sich Scheduling der Transportfahrzeug, sowie die Koordination von ein- und ausgehendem Massestrom im Ernteprozess auf den Austausch kompakter Kenngrößen, wie z.B. der geplanten und tatsächlichen Ankunftszeiten der Transportfahrzeuge, bzw. Ernte- und Verdichtungsleistung reduzieren lässt. Eine optimale Lösung im mathematischen Sinne lässt sich mit dezentralen Ansätzen zwar nicht immer finden, aber im Hinblick auf die praktischen Anforderungen der Silomaisernernte verspricht ein dezentraler Ansatz mit lokaler Optimierung des Prozessablaufs eine wesentlich robustere Steuerung, da der Kommunikationsaufwand und die Latenzen eines zentralen Ansatzes wegfallen.

3 Projekt SOFiA

Das vom BMBF-geförderte Projekt Prozessinnovation in Planung und Steuerung von Wertschöpfungsnetzwerken durch Integration von Smart Objects und Smart Finance Ansätzen (SOFiA), beschäftigt sich mit der digitalisierten Abwicklung und Abrechnung von logistischen Wertschöpfungsketten. Im Projekt arbeiten das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, der Landtechnikhersteller CLAAS, der Technologiekonzern Diebold Nixdorf, sowie das Logistikunternehmen EKOL zusammen.

Projektziel ist es ein dezentrales Netzwerk aus Smart Objects (SO) zu erzeugen, das Maschinen, Sensoren und Menschen dezentral vernetzt und ermöglicht, logistische Netzwerke auf quantitativer Basis unmittelbar auf der Prozessebene zu steuern. Hierzu werden die beteiligten Maschinen und z.T. auch Güter (Container), dahingehend digitalisiert und vernetzt, dass sie ihre Rolle im Prozess verstehen und dementsprechend handeln. Hierzu ist es nötig, dass jedes Smart Object in der Lage ist seinen eigenen Prozessstatus zu ermitteln, ihn mit anderen Prozessteilnehmern auszutauschen und in gegenseitiger Abstimmung angemessene Verhaltensweisen zu bestimmen. Diese werden anschließend als Handlungsempfehlungen den ausführenden Maschinenbedienern oder

Disponenten präsentiert. Solche Empfehlungen können im kurzfristigen Fall das anpassen einer Transportgeschwindigkeit oder des Produktionsdurchsatzes sein, mittelfristig aber auch Anpassungsvorschläge für die Kettenkonfiguration sein (z.B. Hinzunahme einer weiteren Transporteinheit). Ziel ist es Logistikprozesse reibungsloser und somit effizienter zu steuern, und somit unerwünschte Effekte wie eine mangelhafte Auslastung von Kapazitäten, vermeidbare Stückkosten und mangelnde Termintreue zu reduzieren. Neben der Steuerung des logistischen Ablaufs soll ebenfalls eine vollständige Erfassung von Leistungsdaten den anschließenden Administrationsvorgängen erleichtern.

Hardwareseitig wird zur Umsetzung der Smart Objects im Projekt auf kleine eingebettete Systeme (Raspberry Pi) gesetzt, die aufgrund des steigenden Leistungszuwachs und Preisverfall eine geeignete Forschungsplattform bieten. Softwareseitig folgt die Umsetzung der Smart Objects dem Agentenansatz (vgl. [Fe99]) und der Idee, dass sich die Teilprozesse einer logistischen Kette als Aufträge beschreiben lassen und deren Ausführung von den Smart Objects untereinander verhandelt wird. Hierzu werden die Aufgaben mit Zielvorgaben (z.B. verfügbare Zeit, erlaubte Kosten, angestrebte Qualität) versehen und hierarchisch organisiert, sodass die Erfüllung der Ziele von oben nach unten delegiert wird und die Informationen über die Ausführung von unten nach oben aggregiert werden. Um sowohl den Prozess, als auch die Maschinen und deren Umgebung zu modellieren, werden ontologische Wissensrepräsentationen auf Basis von Semantic Web Technologien (RDF, OWL) eingesetzt. Diese Modelle werden anschließend über regelbasierte Inferenzmechanismen (SWRL) einem Soll/Ist-Vergleich von Prozesszuständen und Zielvorgaben unterzogen und bei Steuerungsbedarfen mit einem ereignis-diskreten Simulator für logistische Netzwerke verbunden [Li13]. Dieser simuliert dann verschiedene logistische Szenarien, welche anschließend ausgewertet werden und als Grundlage für Handlungsempfehlungen dienen. Zur Verbindung der Smart Objects werden hybrid-opportunistische Netzwerke und verzögerungstolerante Kommunikation basierend auf dem Store-Carry-Forward Prinzip genutzt.

Die hier präsentierten Ansätze einer dezentralen Prozesssteuerung werden im weiteren Fortschreiten des Projekts SOFiA erprobt, erweitert und daraufhin bewertet, ob die erhofften Verbesserungspotenziale für die Planung und Steuerung logistischer Prozesse in der Maisernte erzielt werden können.

Literaturverzeichnis

- [Fe99] Ferber, J.: Multi-agent systems: an introduction to distributed artificial intelligence. Vol. 1. Reading: Addison-Wesley, 1999.
- [Li13] Liebler, K. et al.: Introduction to OTD-NET and LAS: order-to-delivery network simulation and decision support systems in complex production and logistics networks, IEEE Winter Simulation Conference: Making Decisions in a Complex World, 2013
- [Wi13] Witthaut, M.: Supply-Chain-Management-Systeme. In: ten Hompel (Hg.) 2013 – IT in der Logistik 2013/2014, 2013, S. 144 – 160.

Ein Steuerungssystem für den netzorientierten Betrieb virtueller Biogas-Verbundkraftwerke

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

Abstract: Der zunehmende Anteil erneuerbarer Energien an der Stromproduktion Deutschlands erfordert einen ebenso steigenden Anteil der erneuerbaren Energien an der Bereitstellung von Regelenergie zur Stabilisierung der Stromnetze. Durch die Möglichkeit der zeitlichen Entkopplung von Gas- und Stromproduktion ist insbesondere die Biogastechnologie für die Bereitstellung von Regelenergie geeignet. Der vorliegende Beitrag skizziert ein Steuerungssystem für virtuelle Biogas-Verbundkraftwerke, dessen Oberziel die Stabilisierung des Stromnetzes ist. Die Entwicklung des Systems erfolgt im Zuge des Forschungsprojekts VKV Netz und wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert.

Keywords: Biogas, EEG, Erneuerbare Energien, Regelenergie, Steuerungssysteme, Automation

1 Motivation und Zielsetzung

Zur Sicherstellung der Stabilität des deutschen Stromnetzes werden sogenannte Regelenergie-Kontingente im Stromnetz bereitgehalten und an der Börse gehandelt. Die Regelenergie wird i. d. R. durch Kraftwerke bereitgestellt, die zusätzliche Kapazitäten zur Energieerzeugung auf Abruf zur Verfügung stellen bzw. auf Abruf ihre Energieerzeugung einschränken können. Mit zunehmendem Anteil erneuerbarer Energien an der Stromproduktion Deutschlands ist die Aufgabe der Bereitstellung von Regelenergie in gleichem Maße durch regenerative Kraftwerke zu erbringen. Durch Windkraft- und Photovoltaikanlagen ist diese Aufgabe nur eingeschränkt erfüllbar. Vielmehr sind ihre Produktionskapazitäten lediglich kurzfristig durch Sonnen- und Windprognosen vorher-sagbar und eine aktive Regelung – z. B. indem Windkraftanlagen „aus dem Wind“ ge-dreht werden – ist nur teilweise möglich. Eine hohe Eignung zur Bereitstellung von Regelenergie bietet die Biogastechnologie. Durch die Vorhaltung entsprechender Gas-speicher können der Gasproduktionsprozess und der Stromproduktionsprozess zeitlich entkoppelt voneinander erfolgen. Das Maß der zeitlichen Entkopplung wird hierbei vor-wiegend durch die Größe der Gasspeicher sowie die Leistung der für die Stromprodukti-on eingesetzten Blockheizkraftwerke bestimmt. Der Gesetzgeber hat das Regelenergie-Potenzial der Biogastechnologie erkannt und fördert den etwaig nötigen Umbau von Bestandsanlagen vorwiegend durch die sogenannte Flexibilitätsprämie. Mit dem EEG 2017 werden für Neu-Anlagen zudem gesetzliche Vorgaben für ein Mindestmaß an einer solchen Flexibilität eingeführt. Mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit und die technische

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

Realisierbarkeit alternativer Regelenergiekonzepte sowie das durch die Bundesregierung definierte Ziel eines 80%igen Anteils der Deckung des Bruttostromverbrauchs durch Erneuerbare Energien bis zum Jahr 2050 ist die Biogastechnologie zum derzeitigen Zeitpunkt als systemnotwendig zum Erhalt der Netzstabilität einzustufen. Die derzeitigen Betriebskonzepte von Biogasanlagen fokussieren vorwiegend die Ertragsmaximierung der einzelnen Anlage unter Annahme standortspezifischer EEG-Einspeisetarife. Mit Blick auf die zeitliche Limitierung der EEG-Förderung von 20 Jahren für jede Anlage, zukünftige regelenergetische Anforderungen und die Alleinstellungsmerkmale der Biogastechnologie bedarf es der Entwicklung eines netzorientierten Betriebsmodells.

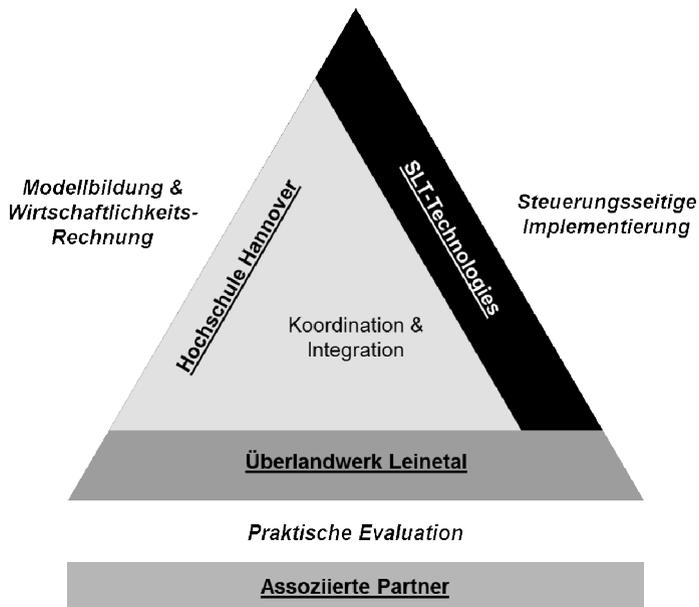


Abbildung 1: Aufbau des Forschungsprojekts VKV Netz

Im durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Verbundforschungsvorhabens VKV Netz (<http://www.vkvnetz.de>, Förderkennzeichen 0325943A) wird ein Steuerungssystem entwickelt und pilotiert, welches eine automatisierte Steuerung virtueller Biogas-Verbundkraftwerke mit dem Fokus auf die Sicherstellung der Netzstabilität erlaubt. Im Zeitraum 01.01.2016 bis 31.12.2018 entwickelt die Hochschule Hannover hierbei die entsprechenden Entscheidungsmodelle und übernimmt die Konsortialführung. Die Implementierung in ein IT-System wird durch die SLT-Technologies GmbH & Co. KG sichergestellt. Der Netzbetreiber Überlandwerk Leinetal GmbH verantwortet die Integration des Systems in das Bestandsnetz. Mit assoziierten Biogasanlagen erfolgt die Evaluation und Pilotierung des Gesamtsystems. Das Projektvolumen beträgt etwa EUR 1,1 Mio.

2 Aufbau des Steuerungssystems

Der Aufbau des Steuerungssystems ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Basis des Steuerungssystems stellen Entscheidungsmodelle sowie ihre IT-Implementierung in einer Leitwarte mittels VBA dar. Die Leitwarte bildet die zentrale Steuerungseinheit des Gesamtsystems. Durch sie werden sowohl anlagenspezifische Echtzeit-Werte als auch dauerhaft hinterlegte, standortindividuelle Parameter ausgewertet und in Steuerungsentscheidungen des virtuellen Verbundkraftwerks umgesetzt. Die Datenhaltung des Systems wird durch SQL-Datenbanken realisiert.

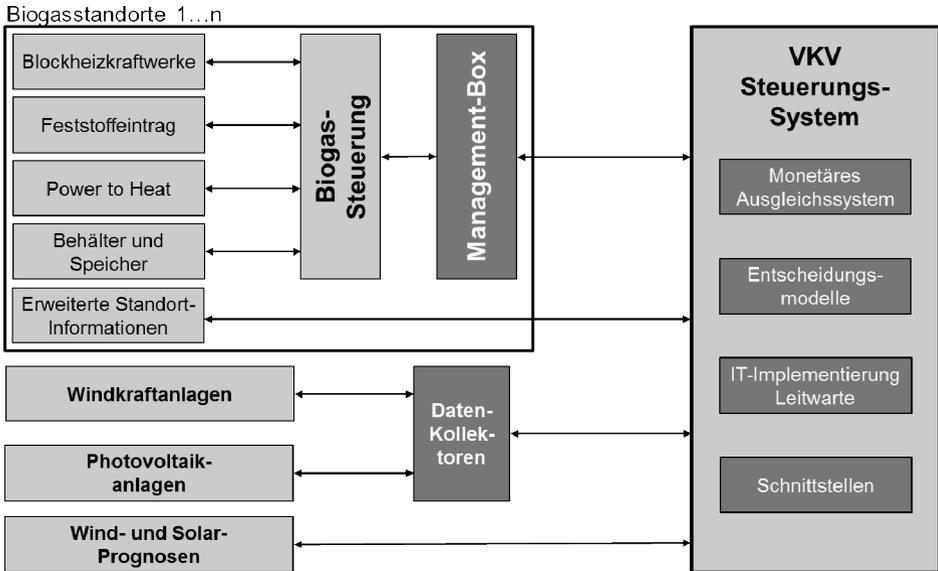


Abbildung 2: Aufbau des Steuerungssystems

Bei dem virtuellen Verbundkraftwerk handelt es sich um räumlich getrennte, zentral und teilautomatisiert gesteuerte Biogasanlagen in einem gemeinsamen Netzstabilitäts-Regelungsgebiet – z. B. innerhalb der Verantwortlichkeit eines Verteilnetzbetreibers. Zentrale Parameter des Entscheidungsmodells sind der maximale, minimale und aktuelle Gasfüllstand, die thermischen und elektrischen Leistungen der installierten Blockheizkraftwerke, die Bemessungs- und Höchstbemessungsleistung der Anlage, genehmigungsseitige Restriktionen sowie die Wärmebedarfe der Anlage und sonstiger Verbraucher. Die Schnittstelle eines Standorts zur Leitwarte wird durch eine sogenannte Management-Box zur Verfügung gestellt. Dabei bündelt die Management-Box insbesondere Informationen zu den Blockheizkraftwerken, zur Fütterung der Anlage, zu etwaigen Power-to-Heat-Modulen sowie zu den Gär- und Lagerbehältern und Gasspeichern. Erweiterte Standort-Informationen – z. B. zu anstehenden Wartungsarbeiten – werden separat über ein IT-System erfasst und an die Leitwarte gemeldet. Neben den Informati-

onen zu den Biogas-Standorten wertet das Steuerungssystem die Echtzeit-Einspeisewerte der sonstigen regenerativen Erzeuger im betrachteten Regelungsgebiet aus und integriert bestehende Wind- und Solar-Prognosen in den Steuerungsentscheidungen des virtuellen Verbundkraftwerks. Ein monetäres Ausgleichssystem regelt insbesondere etwaige Ausgleichszahlungen innerhalb des virtuellen Verbundkraftwerks im Sinne eines Kosten- und Erlös-Pools [S17].

3 Ausblick

Das vorgestellte Steuerungssystem kann einen Beitrag zur Zukunftsfähigkeit der landwirtschaftsnahen Biogastechnologie liefern. Mit Blick auf die zukünftigen Regelenergiebedarfe in einem Szenario mit 100% erneuerbaren Energien legitimiert die Erbringung der Systemdienstleistung Regelenergie darüber hinaus die im Vergleich zur Windkraft deutlich höheren Stromgestehungskosten von Biogas-Anlagen [B16]. In Kombination mit dem im EEG 2017 geplanten Ausschreibungsmodell besteht die Möglichkeit reduzierter Rückbauraten im Biogas-Bereich. Die Pilotierung des Steuerungssystems beginnt zum Oktober 2017 an verschiedenen Biogas-Standorten im Netzgebiet der Überlandwerk Leinetal GmbH.

Literaturverzeichnis

- [B16] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: EEG in Zahlen. Stand: 14.1.2016. Online verfügbar unter: <http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/eeg-in-zahlen-pdf>, Abruf am 30.11.2016.
- [EEG17] EEG 2017. Gesetz zur Einführung von Ausschreibungen für Strom aus erneuerbaren Energien und zu weiteren Änderungen des Rechts der erneuerbaren Energien. Fassung vom 08.07.2016.
- [S17] Schirmer, D.; Eicke, C.; Iezzi, M.; Daum, A.; Krause, M.: Ein wirtschaftliches Ausgleichssystem für regionale Regelenergie-Leistungen virtueller Biogas-Verbundkraftwerke. In (Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft e. V., Hrsg.): Digital Transformation, Referate der 37. GIL-Jahrestagung, Bonn, Lecture Notes in Informatics (LNI) – Proceedings, Bonn, 2017.

Preisdifferenzierung im Lebensmitteleinzelhandel – eine Literaturrecherche

Julia Garashchuk^{1,2}, Michael Clasen¹ und Ludwig Theuvsen²

Abstract: Preisdifferenzierung ist ein altbekanntes Thema und spielt eine wichtige Rolle bei der Preissetzung im Online -Handel. Das Ziel dieses Beitrages ist eine kurze Darstellung der relevanten Literatur zum Thema „Preisdifferenzierung im stationären und Online-Lebensmitteleinzelhandel“.

Keywords: Preisdifferenzierung, Lebensmitteleinzelhandel, Preissetzung

1 Einleitung

Seit einiger Zeit haben dynamische Preissetzungssysteme Einzug in den Online -Handel gehalten und sich dort als erfolgreich erwiesen [SL12]. Preisdifferenzierung könnte daher eine Alternative zu den festen Preisen im deutschen LEH sein und vielleicht auch hier die Margen erhöhen. Die bekanntesten Einsatzgebiete der dynamischen Preissetzungssysteme liegen im Reisesektor, z. B. bei Flugtickets, sowie im Online -Elektronikhandel. Unter Preisdifferenzierung wird eine kundensegmentspezifische Preisgestaltung für ein gleiches Produkt verstanden. Die flexible Preisgestaltung kann auf Grund der verschiedenen Einflussfaktoren, wie beispielsweise persönliches Einkaufsverhalten, zeitliche, räumliche und mengenmäßige Dimensionen erfolgen [Di08].

2 Ziel und Vorgehensweise

Preisdifferenzierung ist ein sehr umfangreiches Thema und wird seit langer Zeit in der wissenschaftlichen Literatur erforscht. Aus diesem Grund gibt es eine große Anzahl wissenschaftlicher Publikationen, die sich auf unterschiedliche Art und Weise mit dem Thema „Preisdifferenzierung im Lebensmitteleinzelhandel“ befassen. Eine Vielzahl an wissenschaftlichen Publikationen erschwert somit die Suche nach den relevantesten Artikeln. Deshalb ist es das Ziel dieses Beitrages, die relevante Literatur zum Thema „Preisdifferenzierung im Lebensmitteleinzelhandel“ in kompakter und geordneter Form darzustellen. Es werden also eine Literaturmetaanalyse zum o.g. Thema durchgeführt und die Ergebnisse dieser Analyse übersichtlich dargestellt. Bei der Literaturrecherche

¹ Hochschule Hannover, Fakultät für Wirtschaft und Informatik, Ricklinger Stadtweg 120, 30459 Hannover, julia.garashchuk@hs-hannover.de

² Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen.

zum Thema „Preisdifferenzierung im Lebensmitteleinzelhandel“ wurden in erster Linie Literaturdatenbanken wie Google Scholar und Research Gate sowie die Datenbank der Bibliothek der Hochschule Hannover nach folgenden Begriffen durchsucht: Preisdifferenzierung, Preisdifferenzierung im Lebensmitteleinzelhandel, Preisdiskriminierung, Preisdiskriminierung Formen, dynamische Preise, dynamic pricing, price discrimination. Im nächsten Schritt wurden wissenschaftliche Publikationen nach folgenden Hauptauswahlkriterien aussortiert: 1) Die Publikation stammt aus einem angesehenen wissenschaftlichen Magazin oder aus einem Fachbuch; 2) Das Thema „Preisdifferenzierung“ ist ein Hauptaspekt des Artikels oder Buches.

Im Laufe der Literaturrecherche wurden aus mehr als 100 Publikationen 29 als besonders relevant eingestuft und in die weitere Analyse einbezogen. Die berücksichtigten Beiträge wurden sodann in empirische und nicht empirische Arbeiten eingeteilt. Zusätzlich wurden die Beiträge danach sortiert, ob sie sich mit dem stationären oder dem Online-Handel befassen.

Zur Erstellung einer Übersicht der relevanten Publikationen wurde eine 4-Felder-Matrix aufgestellt und die Beiträge wurden den entsprechenden Matrixfeldern zugeordnet. Die Literaturanalyse hat ergeben, dass der Schwerpunkt der gesichteten Beiträge auf nicht empirischen Studien zu Fragen der Preissetzung im stationären Einzelhandel liegt. Dagegen thematisiert die Literatur zur Preisdifferenzierung im Online-Handel überwiegend empirische Arbeiten. Im Bereich nicht empirischer Untersuchungen im stationären LEH befasst sich ungefähr die Hälfte der Artikel mit dem Thema „Preispolitik“ und allgemeinen Grundlagen der Preissetzung. Die andere Hälfte der Beiträge widmet sich spezifischen Formen der Preisdifferenzierung, wie beispielsweise dem Revenue Management. Die nicht empirischen Untersuchungen mit Bezug zum Online-Handel befassen sich mit der Thematik der Preisgestaltung bzw. Preissetzung im Electronic Business. Nachfolgende Abbildung 1 stellt eine kompakte Übersicht der bereits gesichteten Literaturquellen dar.

empirisch	[H+07a] [H+07b] [HHS11] [SL12] [HHG13] [KAW15] [CHH02]	[Ha06]
	[SS00] [BM05] [SV99]	[Di08] [Pi05] [SF92] [BP96] [LS05] [MS06] [Ta04] [AV05] [Wö13] [Ti93] [KS08] [OB07] [Ot97] [Ha68] [Ha84] [Ph85] [HS04] [Sch65]
nicht empirisch	online	stationär

Abb. 1: Literaturübersicht

3 Weitere Forschung

Die Literaturanalyse hat gezeigt, dass ein Großteil der gesichteten Beiträge sich mit nicht empirischen Studien zu Fragen der Preissetzung im stationären Einzelhandel beschäftigt. Jedoch behandelt die Literatur zur Preisdifferenzierung im Online -Handel größtenteils empirische Arbeiten. Darüber hinaus zeugte die Literaturanalyse davon, dass es kaum empirische Arbeiten zum Thema „Preisdifferenzierung im stationären Lebensmitteleinzelhandel“ gibt. Hier gibt es also eine Forschungslücke, die geschlossen werden sollte.

Literaturverzeichnis

- [AV05] Acquisti, A.; Varian, H. R.: Conditioning prices on purchase history. *Marketing Science*, 24(3), S. 367 –381, 2005.
- [BM05] Bandulet, M.; Morasch, K.: Would you like to be a prosumer? Information revelation, personalization and price discrimination in electronic markets. *International Journal of the Economics of Business*, 12(2), S. 251 –271, 2005.
- [BP96] Bester, H.; Petrakis, E.: Coupons and oligopolistic price discrimination. *International Journal of Industrial Organization*, 14 (2), S. 227 –242, 1996.
- [CHH02] Clemens, E. K.; Hann, I-H; Hitt, L.: Price Dispersion and Differentiation in Online Travel: An Empirical Investigation. *Management Science* (48:4), S. 534- 549, 2002.
- [Di08] Diller, H.: Preispolitik. Kohlhammer Verlag, Stuttgart, 2008.
- [H+07a] Hann, I.-H.; Hui, K.-L.; Lee, S.-Y.T.; Png, I. P.: Analyzing online information privacy concerns: an information processing theory approach. *System Sciences, Journal of management informations systems*, S. 13- 27, 2007.
- [H+07b] Hann, I.-H.; Hui, K.-L.; Lee, S.-Y. T.; Png, I. P.: Overcoming online information privacy concerns: An information-processing theory approach. *Journal of Management Information Systems*, 24(2), S. 13– 42, Vol. 24, 2007.
- [Ha06] Hansen, K.: Sonderangebote im Lebensmitteleinzelhandel: Eine empirische Analyse für Deutschland. Cuvillier, Göttingen, 2006.
- [Ha+13] Haucap, J.; Heimeshoff, U.; Klein, G.J.; Rickert, D.; Wey, C.; Wettbewerbsprobleme im Lebensmitteleinzelhandel. Düsseldorf University Press, Düsseldorf, 2013.
- [Ha68] Haley, R. I.: Benefit Segmentation: A Decision-Oriented Research Tool. *Journal of Marketing*, 32, (3), S. 30 -35, 1968.
- [Ha84] Haley, R. I.: Benefit segmentation- 20 years later. *Journal of Consumer Marketing*, Vol. 1, S. 5-13, 1984.
- [HHS11] Hinz, O.; Hann, I.; Spann, M.: Price discrimination in E-Commerce? An examination of dynamic pricing in “name-your -own-price”- markets, München, 2011. <http://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=2943&context=misq> Stand: 19.9.2016. S. 5- 13, 1984.

- [HHG13] Heinemann, G.; Haug, K.; Gehrckens, M.: Digitalisierung des Handels mit ePace. Springer Gabler, Wiesbaden, 2013.
- [HS04] Hamilton, J.; Slutsky, S.: Nonlinear price discrimination with a finite number of consumers and constrained recontracting. University of Florida, 2004, <http://www.krannert.purdue.edu/centers/ijio/Accepted/2185.pdf> Stand: 19.9.2016.
- [KAW15] Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien: Dynamic Pricing - die Individualisierung von Preisen im E-Commerce. Wien, 2015 https://media.arbeiterkammer.at/wien/PDF/studien/Dynamic_Pricing_2015.pdf Stand: 25.05.2016.
- [KS08] Klein, R.; Steinhardt, C.: Revenue Management: Grundlagen und Mathematische Methoden. Springer, Berlin, 2008.
- [LS05] Liu, Q.; Serfes, K.: Imperfect price discrimination in a vertical differentiation model. *International Journal of Industrial Organization*, 23(5–6), S. 341–354, 2005.
- [MS06] Malueg, D. A.; Snyder, C. M.: Bounding the relative profitability of price discrimination. *International Journal of Industrial Organization*, 24(5), S. 995–1011, 2006.
- [OB07] Olbrich, R.; Battenfeld, D.: Preispolitik. Springer, Berlin, 2007.
- [Ot97] Ott, A. E.: Grundzüge der Preistheorie. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1997.
- [Ph85] Phillips, L.: *The Economics of Price Discrimination*. Louis, Cambridge University Press, London, 1985.
- [Pi05] Pigou, A.C.: *The Economics of Welfare (1928)*. Cosimo, New York, 2005.
- [SF92] Simon, H.; Fassnacht, M.: *Preismanagement: Analyse, Strategie, Umsetzung*. Springer Gabler, Wiesbaden, 1992.
- [Sch65] Schmidt, L.: *Grundlagen und Formen der Preisdifferenzierung im Lichte der Marktformenlehre und der Verhaltenstheorie*. Duncker und Humblot, Berlin, 1965.
- [SV99] Shapiro, C.; Varian, H. R.: *Information Rules: a Strategic Guide to the Network Economy*. Harvard Business School Press, Boston, 1999.
- [SL12] Schieder, C.; Lorenz, K.: *Pricing-Intelligence-Studie. State-of-the-art der dynamischen Preisoptimierung im E-Commerce*. Chemnitz, 2012. https://www.tu-chemnitz.de/wirtschaft/wi2/wp/wp-content/uploads/2012/04/Pricing-Studie-State-of-the-Art-im-E-Commerce_v1.5.pdf, Stand: 22.04.2016.
- [SS00] Skiera, B.; Spann, M.: Flexible Preisgestaltung im Electronic Business. In: Weiber, R. (Hrsg.), *Handbuch Electronic Business*, Wiesbaden, S. 539-557, 2000.
- [Ta04] Taylor, C. R.: Consumer privacy and the market for customer information. *RAND Journal of Economics*, 25(4), S. 631– 650, 2004.
- [Ti93] Tietz, B.: *Der Handelsbetrieb*. Vahlen, München, 1993.
- [Wö13] Wöhe, G.: *Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*. Vahlen, München, 25. Auflage, 2013.

Ausgewählte Anforderungen der EU-DSGVO an die Verarbeitung personenbezogener Daten

Klaus Gennen¹

Abstract: Die EU-Datenschutz-Grundverordnung, die einen EU-einheitlichen Schutz personenbezogener Daten (pbD) bewirken soll, ist ab dem 25.5.2018 zwingend anzuwenden. Es wird mit Wirkung für diejenigen Bereiche der Landwirtschaft, in denen personenbezogene Daten anfallen bzw. verarbeitet oder genutzt werden, Paradigmenwechsel geben. So steigen die Dokumentationspflichten erheblich an. Ferner wird der Verantwortliche künftig in dem Sinne rechenschaftspflichtig sein, dass er die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Vorschriften zu beweisen hat, bei der Auftragsverarbeitung kommen mehr Verpflichtungen auf die Beteiligten zu, die Bußgelder bei Verstößen steigen exorbitant. Hersteller werden mehr Wert auf Privacy by Design bzw. Privacy by Default legen müssen. Unternehmen, in denen pbD anfallen, sollten, um auf die Umstellung der Rechtsordnung vorbereitet zu sein, bald mit einem entsprechenden Projekt beginnen.

Keywords: EU-Datenschutz-Grundverordnung, räumlicher Anwendungsbereich, Dokumentationspflicht, Privacy by Design/by Default, Rechenschaftspflicht, Bußgeld, Auftragsverarbeitung, Arbeitnehmerdatenschutz.

1 Einleitung

Die Nutzung von Technologien, deren Anwendung personenbezogene Daten („pbD“) erzeugt bzw. die pbD verarbeiten, ist aus Land-/Forstwirtschaft nicht wegzudenken. Insbesondere entstehen pbD, wenn Arbeitnehmer/Beschäftigte (z.B. bei Lohnunternehmen) oder Landwirte Geräte mit elektronischer Steuerung/Überwachung bei Precision Agriculture/Forestry oder ähnlichen Arbeiten benutzen. Wann immer sich bei oder nach Benutzung einer Maschine ohne besondere Schwierigkeiten Rückschlüsse auf einen konkreten Benutzer ziehen lassen, liegen wahrscheinlich pbD vor. Auch die Hersteller solcher Maschinen bzw. die herstellergebundene oder freie Wartungsorganisation haben ein Interesse an solchen Daten, um Auskünfte über die Maschinen (und ggf. deren Benutzer, z.B. beim Verkauf gebrauchter Maschinen oder beim Verleih) zu gewinnen – geschieht dies nicht anonymisiert, liegen pbD vor.

Die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO)² ist am 25.5.2016 in Kraft getreten und ist ab dem 25.5.2018 in den EU-Mitgliedsstaaten zwingend anzuwenden. An diesem Tag wird ein Schalter umgelegt und es wird einen in Teilen neuen Rechtsrahmen für den

¹ Rechtsanwalt u. Partner der Kanzlei LLR, Fachanwalt für IT-Recht und für Arbeitsrecht, ext. Datenschutzbeauftragter, Mevissenstr. 15, 50668 Köln, zugl. ordentl. Professor an der TH Köln, klaus.gennen@llr.de

² Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung), Abl. EG L 119/1 v. 4.5.2016.

Schutz von pbD in der EU geben bzw. auch für Teile des grenzüberschreitenden Datenverkehrs.

2 Einige grundlegende Unterschiede zwischen BDSG und DSGVO

2.1 Räumlicher Anwendungsbereich

Nach Art. 3³ ist die DSGVO nicht nur anwendbar auf Verantwortliche, die eine Niederlassung innerhalb der EU haben, sondern z.B. auch auf Unternehmen, die außerhalb der EU niedergelassen sind, aber mit ihren Produkten auf dem EU-Markt vertreten sind und dabei pbD verarbeiten. Auch diese müssen künftig die DSGVO einhalten, was eine Ausdehnung des Anwendungsbereichs über die EU-Grenzen hinaus bedeutet, z.B. beim Betrieb von Hersteller-Plattformen räumlich außerhalb der EU, auf denen nicht anonymisierte Anwendungsdaten von Benutzern aus der EU gesammelt werden. Der Gesetzgeber hat sich somit vom Territorialprinzip ab- und dem Marktortprinzip zugewandt.

2.2 Rechenschaftspflichten des Verantwortlichen, Dokumentation

Die DSGVO postuliert (z.B. Art. 5 Abs. 2, Art. 82 Abs. 3) umfassende Nachweis- und Rechenschaftspflichten des Verantwortlichen und des Auftragsverarbeiters. Der Verantwortliche, in den o.a. Fällen zumeist der Eigentümer oder Mieter der Maschine, muss nicht nur sicherstellen, dass er die Anforderungen der DSGVO erfüllt, sondern die Einhaltung im Zweifel auch gegenüber der Aufsichtsbehörde oder einem Geschädigten nachweisen können. Damit liegt die Verpflichtung, sich bei behaupteten Verstößen zu entlasten, künftig beim Verantwortlichen bzw. Auftragsverarbeiter. Diese Verpflichtung führt unmittelbar dazu, dass Unternehmen frühzeitig beginnen, ihr Datenschutzmanagementsystem („DSMS“) umzustellen bzw. ein solches DSMS einzuführen, um auch ein Organisationsverschulden zu vermeiden. Diese Aktivitäten erfolgen insbesondere wegen der erheblich erhöhten Bußgelder bei Verstößen (vgl. Ziff. 0). Die Aufsichtsbehörden, insbesondere die BfDI, sind derzeit dabei, ihr Personal aufzustocken, um besser als bisher ihrer gewandelten Aufsichtsfunktion und den weiteren Aufgaben der DSGVO gerecht werden zu können.

Zudem sieht die DSGVO auch eine umfangreichere Dokumentationspflicht vor (vgl. insbes. Art. 32) als das BDSG. Handelt es sich z.B. um einen Datenverarbeitungsvorgang, der ein hohes Risiko für die Sicherheit von pbD begründet, so ist eine Datenschutz-Folgenabschätzung (Art. 35) durchzuführen, die nicht mit der Vorabkontrolle nach dem BDSG verwechselt werden darf, und hieraus sind die entsprechenden Schutzmaßnahmen abzuleiten. Unter der DSGVO begründet ein Verstoß gegen Art. 35 Abs. 1 einen Buß-

³ Artikelbezeichnungen ohne Benennung der rechtlichen Grundlage sind solche der DSGVO.

geldtatbestand. Nach Art. 32 ist ein Datensicherheitskonzept zu erstellen, auch die Informationspflichten gegenüber dem Betroffenen haben sich erhöht (Art. 12 ff).

2.3 Aufweichungen des Zweckbindungsgrundsatzes

Unter dem BDSG gilt ein eher strenger Zweckbindungsgrundsatz. Danach dürfen pbD im Grundsatz nur zu dem Zweck verwendet werden, für den sie erhoben wurden bzw. der Betroffene seine Einwilligung erteilt hat. Unter der DSGVO wird dieser Grundsatz etwas aufgeweicht, aber es bleibt grundsätzlich dabei, dass der Verantwortliche feststellen muss, ob ein Privilegierungstatbestand oder eine zulässige Zweckänderung vorliegt. Er muss also prüfen, ob die DSGVO die Nutzung zu einem anderen als dem ursprünglichen Zweck zulässt. Dabei werden (vgl. Art. 6 Abs. 4 lit. a) weitere Zwecke, die mit dem ursprünglichen Zweck „vereinbar“ sind, als zulässig angesehen, wobei wiederum vereinbar „jede Verbindung“ zwischen bisherigem und neuem Zweck sein soll. Insofern wird man abwarten müssen, welche „Verbindung“ aus Sicht von Unternehmen, die Interesse an den pbD haben, künftig ausreichen werden, und wie die Aufsichtsbehörden mit dem mit Sicherheit einsetzenden Wunsch, hierzu jede denkbare Verbindung ausreichen zu lassen, umgehen werden.

2.4 Neue Regelungen zur Auftragsverarbeitung, gemeinsame Verantwortlichkeit

Die Auftragsdatenverarbeitung nach § 11 BDSG wird zur Auftragsverarbeitung nach Art. 28 DSGVO. Der Begriff der Funktionsübertragung entfällt. Eine Verpflichtung zum schriftlichen Abschluss des Vertrages besteht nicht mehr, die elektronische Form reicht aus. Es bleibt bei dem Grundsatz, dass der Auftragnehmer weiterhin nur nach (zu dokumentierender) Weisung des Auftraggebers handeln darf. Die Auftragsverarbeitung bedingt eine vorherige Risikoabwägung nach Art. 32, der Katalog der technisch-organisatorischen Maßnahmen nach §§ 9, 11 BDSG i.V.m. der Anlage zu § 9 BDSG ist insoweit ersetzt worden durch das Datensicherheitskonzept. Den Auftragsverarbeiter treffen Verpflichtungen zur Unterstützung des Verantwortlichen. Je nach Art und Intensität eines Verstoßes gegen Art. 28 ist auch der Auftragsverarbeiter schadensersatzpflichtig bzw. bußgeldpflichtig. Verstößt der Auftragsverarbeiter gegen eine Weisung und bestimmt er selbst die Mittel der Verarbeitung, gilt er selbst als Verantwortlicher.

Zwar entfallen dem Wortlaut nach Erstkontrolle und laufende Kontrolle nach § 11 BDSG, aber aufgrund der umfassenden Rechenschaftspflicht wird der Verantwortliche künftig solche Kontrollen durchführen, zumal nach Art. 32 Abs. 1 lit. d. ein Verfahren zur regelmäßigen Kontrolle Teil des Datensicherheitskonzepts sein muss.

Nach Art. 27 besteht nun die Möglichkeit, dass sich mehrere Verantwortliche die Verantwortung teilen, damit steht ein weiteres Instrument zur Verfügung für die Zusammenarbeit mehrerer Beteiligter unter Verarbeitung von pbD.

2.5 Besonderheiten des Arbeitnehmerdatenschutzes

Die DSGVO verzichtet bewusst auf EU-weite Regelungen zum Arbeitnehmerdatenschutz (Art. 88). Vielmehr sollen die Mitgliedsstaaten den Arbeitnehmerdatenschutz selbst regeln. Lediglich in Erwägungsgrund 48 zur DSGVO wird angedeutet, dass eine konzernerne Verarbeitung von Arbeitnehmerdaten (und Kundendaten!) von einem berechtigten Interesse des Verantwortlichen gedeckt sein kann. Der Referentenentwurf des BMI (Stand: 23.11.2016) zum Gesetz zur Anpassung des Datenschutzrechts sieht dementsprechend in Art. 1 Teil 2 Kap. 1 Abschnitt 2, § 24 die Fortschreibung der aktuellen Rechtslage vor, also des § 32 BDSG. Zudem bleiben betriebsverfassungsrechtliche Maßgaben, vgl. § 87 Abs. 1 Nr. 6 BetrVG, unberührt. An der bestehenden Rechtslage zum Arbeitnehmerdatenschutz ändert sich also, geht man von dem o. a. Referentenentwurf aus, praktisch nichts.

2.6 Privacy by Design/Privacy by Default

Art. 25 zwingt zum Datenschutz durch Technikgestaltung und durch datenschutzfreundliche Voreinstellungen. Wer Software zur Maschinensteuerung entwirft, muss sich künftig von Gesetzes wegen Gedanken darüber machen, wie Funktionen auch ohne pbD oder nur mit pseudonymisierten oder anonymisierten pbD oder unter Nutzung nur eines technisch notwendigen Minimums ans pbD ausgeführt werden können, weil Verantwortliche künftig solche Parameter zu berücksichtigen haben. Entsprechendes gilt für datenschutzfreundliche Voreinstellungen an bestehenden oder neuen Systemen.

2.7 Bußgeldtatbestände und Bußgeldhöhe

Wer Datenschutz bisher als Kostenfaktor ansehen hat, wird auf die neuen Bußgeldregelungen schauen. Von krassen Fällen abgesehen, waren die Bußgelder unter dem BDSG eher niedrig. Das wird sich unter der DSGVO erheblich ändern, sowohl im Hinblick auf die Anzahl der sanktionierten Tatbestände wie in Bezug auf die Bußgeldhöhe.

Bei Verstößen gegen die in Art. 83 Abs. 4 a) bis c) genannten Pflichten (z.B. fehlerhafte Auftragsverarbeitung) fallen Geldbußen von bis zu 10 Mio. Euro oder in Höhe von 2% des weltweiten Vorjahresumsatzes an. Liegt ein Verstoß gegen eine der in Art. 83 Abs. 5 a) bis e) normierten Pflichten vor (z.B. fehlende Einwilligung), geht es um bis zu 20 Mio. Euro oder 4%. Bisher noch ungeklärt ist die Frage, ob bei Konzernkonstellationen der Umsatz der Gruppe oder des betroffenen Unternehmens zugrunde zu legen ist. Je nach Größe der Unternehmensgruppe kann dies die Insolvenz einzelner Unternehmen bedeuten. Bei der konkreten Bußgeldbemessung werden die in Art. 83 Abs. 2 aufgezählten Kriterien berücksichtigt, z.B. das Ausmaß des Verschuldens. Im Übrigen werden die Sanktionen nach Art. veröffentlicht, was neben den finanziellen Schäden auch einen erheblichen Imageschaden für das betroffene Unternehmen und sogar die gesamte Unternehmensgruppe bedeuten kann.

Development of a technology demonstrator for the enhancement of embedded software design considering mechatronic systems in agriculture

Zoltan Gobor¹, Konstantin Nikulin¹ and Georg Fröhlich¹

Abstract: Modelling, simulation and optimisation of modern agricultural implements and machines can be generally approached as tasks related to design of mechatronic systems. Establishing of appropriate simulation models, capable to emulate the relevant properties of the subsystems and their interaction, allows the development under laboratory conditions without necessity to have continuous access to the affected system or physical components. In order to enhance the further development and optimisation of the embedded software of a mobile diagnostic and performance analysis system, intended for redundant mobile data acquisition parallel to the machine controller, a low cost technology demonstrator was developed. The demonstrator enables the emulation of adequate analog and digital signals corresponding to the modules of the device for automated attaching of the supporting wires for hops, as well as reliable and repeatable introduction of different type of phenomena within the deterministic control cycle.

Keywords: model based design, technology demonstrator, embedded software, mechatronic systems in agriculture

1 Introduction

The adoption of embedded technologies while developing agricultural machines and implements is still a challenging task. Nevertheless, the development based on a modular approach allows maximising the flexibility by creating reusable, scalable and replaceable components which can be easily tested and assembled, significantly affecting the way of the design process. Modelling, simulation and optimisation of modern agricultural implements and machines often consider design of mechatronic systems consisting of integrated mechanical, electrical, and software subsystems [Go12], [Go15b]. Within the innovation project (see Acknowledgments) a prototype of a device for automated attaching of the supporting wires for hops has been developed [Go12]. During the development and testing of the prototype, the possibilities and advantages of the application of a redundant mobile data acquisition system for further data analysis were identified and discussed [Go13], [Go15a]. Accordingly, important information considering the system performance, failures and their causes, if outage occurred, is available. For automated analysis an off-line tool was developed in Scilab. In the following project (see Acknowledgments) a zero-series device, as well as an online diagnostic system implemented on

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising, Zoltan.Gobor@lfl.bayern.de

an embedded real-time controller CompactRIO based on LabVIEW FPGA, LabVIEW Real-Time (National Instrument) and previously developed algorithms will be designed. One of the main advantages of the online solution is immediate diagnostic of failures and outage causes.

To assure the highest area capacity, the machine user would like to carry out the work with minimum mistakes, failures or outage, moving with optimal speed near to maximally available. Considering these prerequisites, the control software of the device is optimised. Because of the high complexity of the machine and the parameters such as roughness of the soil surface, atmospheric conditions, quality of the wire, dirt, vibration and shock affecting the sensors accuracy and drift etc., irregularities need to be considered during the automatic execution of the software. The irregularities cannot be easily predicted and thus, their observation under real condition is monotonous and often time-consuming. Hence, a low cost technology demonstrator was developed, enabling the emulation of the adequate analog and digital signals corresponding to the modules and their functionality within the device for automated attaching of the supporting wires. The demonstrator should provide an adequate supporting environment for development and testing of the embedded software for the mobile diagnostic and performance analysis system under laboratory conditions. With the demonstrator reliable and repeatable introduction of different type of phenomena (above described irregularities) within the deterministic control cycle is possible.

2 Materials and methods

Device for automated attaching of the supporting wires

The actuators of the device are hydraulically driven and controlled by a programmable logic controller (PLC). The attaching process can be carried out in manual or automatic mode while the tractor moves forward along the longitudinal cable in a hop garden.

Diagnostic and performance analysis system

When connected, the diagnostic and performance analysis system and software on CompactRIO runs logically parallel to the PLC and acquires data from sensors mounted to the device hydraulics, as well as the physical analog and digital inputs and outputs (AI/AO DI/DO-s) of the PLC. The online diagnostic system is intended to be used and accompany the work under harsh environmental condition and therefore must be adapted to the different needs of the users (e.g. technician responsible for the maintenance; personal responsible for service of hydraulics, electronic as well as mechanic; farm manager etc.) at an early stage of the project. The design of the software architecture allows simple introduction of additional functionalities and features.

Technology demonstrator

In order to allow further development of the software, keeping the process straightforward, the technology demonstrator (see Figure 1) was modularly designed in order to generate several types of common signals (e.g. 24V DO [digital switch, etc.]; 0-10V AO [linear position etc.]; incremental encoder DO with different resolution).

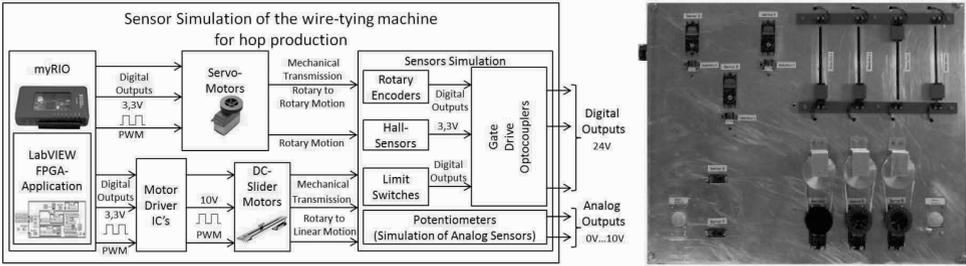


Fig. 1: Schematic diagram and the front panel of low cost technology demonstrator

The hardware solution consists of a group of servo and slider motors controlled by NI myRIO (National Instruments) and a group of different sensors. The positioning of the motors is controlled by a software solution designed in LabVIEW FPGA and implemented on the FPGA of the myRIO. The parameters can be changed and the positioning command released using the human machine interface (HMI) on the host PC. The motors are controlled with pulse width modulation (PWM). A self-designed printed circuit board (PCB) allows signal amplification in order to control the positioning of the slider motors in both directions via L293E driver ICs. Rotary encoders connected to the motors via belt drives and hall sensors, have different resolution and are implemented for detecting the position of the servo motors. Slider potentiometers are used for detecting the position of the slider motors. The slider potentiometer can be positioned between two end positions with limit switches. The output voltage of the potentiometers is ranged between 0V to 10V. The output of the rotary encoders and hall sensors is 3.3V digital signal. These signals are amplified to 24V, regarding to the typical output of industrial sensors, using the fast ACPL T350 optocouplers (rise time = 15ns; fall time = 20ns). Furthermore, the optocouplers provide galvanic isolation between the power circuit on which myRIO and sensors are connected and the digital outputs of the simulator.

3 Results and discussion

The demonstrator can emulate different signal constellations, allowing investigation of particular phenomena, which sometimes are not simple to detect on the real machine, or are not typical for the steady-state operating mode. Due to the modularity, the outputs can be easily reconfigured providing adaptability in term of changing I/O requirements as well as the required signal combination. Oppositely to not fully deterministic testing by simulation running under e.g. Windows, the use of the demonstrator is important for more rigorous testing of determinism of the embedded software. Particularly, testing of the developed or optimised parts of the embedded software can be more easily carried out by reliable and repeatable introduction of different type of phenomena within the deterministic control cycle. Furthermore, software in the loop (SIL) test [Zsm11] can be carried out in parallel.

4 Conclusions

Based on the preliminary results, the application of the technology demonstrator can be positively evaluated in terms of a faster and more reliable development without necessity to carry out the development directly on the device for automated attaching of the supporting strings in hop gardens. While developing the embedded software for the diagnostic tool, the capabilities of the demonstrator will be comprehensively tested. The project contributes to improving the design process of mechatronic systems in agriculture and the achieved results can be implemented in further projects.

Acknowledgements

The project “Entwicklung eines Gerätes zur voll-automatischen Drahtaufhängung im Hopfenbau” was funded by the German Federal Agency for Agriculture and Food (BLE) as a part of the innovation support program of the German Federal Ministry of Food, Agriculture, and Consumer Protection (BMELV). The project “Weiterentwicklung des Geräts zur vollautomatischen Aufhängung von Aufleitdrähten in Hochgerüstanlagen im Hopfen: Optimierung, Erprobung und Fertigung der Nullserie” is funded by the German Federal Agency for Food and Agriculture (BLE) and Rentenbank within the DIP (Agricultural Innovation Partnership) programme. The authors thank to all involved employees of the Institute for Agricultural Engineering and Animal Husbandry of the Bavarian State Research Center for Agriculture and the private limited company Soller (Geisenfeld, Germany) for successful cooperation.

References

- [Go12] Gobor, Z., Fröhlich, G., Soller, H., Portner, J. First operating experiences with a prototype for automated attaching of the supporting strings that the hop vines grow on in high-trellis hop gardens. International conference of agricultural engineering, CIGR-AgEng2012, Valencia 8-12 July 2012, Papers book, ISBN 978-84-615-9928-8 p.6
- [Go13] Gobor, Z. Data acquisition and automated data analysis in prototype development - Testing of the prototype for automated attachment of the supporting wires in hop gardens. 1st international Mobile Machine Control (MMC) conference, Nuremberg (Germany), 12-13. Jun 2013, Proceedings, CAN in Automation GmbH, pp. 03-15 - 03-21
- [Go15a] Gobor, Z., Development of a diagnostic tool for performance analysis during the testing of agricultural implements. SCILABTEC 2015 7th International scilab user conference. Paris 21-22.05.2015 Abstract <http://www.scilabtec.com/index.php/program?id=132>
- [Go15b] Gobor, Z., Heuberger, H. und Rinder, R. Precision plot seeder for medicinal and aromatic plants - concept, development and optimisation. Hungarian agricultural engineering N° 27/2015 56-60 Published online: <http://hae-journals.org/> HU ISSN 0864-7410 (Print) / HU ISSN 2415-9751(Online) DOI: 10.17676/HAE.2015.27.56
- [Zsm11] Zander, J., Schieferdecker, I., Mosterman, P.J. Model-Based Testing for Embedded Systems, CRC Press, Boca Raton, FL, 2011

How do digital agricultural startups achieve critical mass? A qualitative analysis

Anna Gubanova^{1,2}, Michael Clasen² and Ludwig Theuvsen¹

Abstract: This paper presents the results of 11 in-depth interviews with digital agricultural startups. The results reveal seven main assumptions startups make about the situation on the agricultural market, their target group, their growth and the challenges they face.

Keywords: startups, critical mass, in-depth-interviews

1 Objective and method

Achievement of critical mass on the market is a complex topic. Critical mass is a certain growth pattern that enables a company to achieve a self-sustaining growth given a certain number of customers [MR99]. To achieve critical mass is every startup's goal because it allows the generation of additional sales with minimal customer acquisition costs. The objective of this paper is to gain a better understanding of how agricultural startups pursue this aim. To reach this objective, the method selected was in-depth interviews. In the qualitative methodology, the in-depth interview method is seen as the best way to "enter into the other person's perspective" [Pa02]. The following criteria were applied to select digital agricultural startups: 1) the startup's website is online and its product or working prototype is ready to be tested or used; 2) the product or solution has been built based on information technology; 3) the product or a solution is scalable. To find such startups, we used the two largest platforms that provide information about startups worldwide: f6s and AngelList. In addition to these two platforms, we used contacts to startups obtained during the Agritechnica fair in Hannover in 2015 and the GIL conference in 2016. In all, 19 startups were contacted; 11 of them agreed to participate in the interviews. Each interview lasted between 40 and 70 minutes. To better structure in-depth interviews, a guideline questionnaire with open questions was prepared. The questionnaire contained questions about founders, product development, early adopters and the startup's network. Most of the interviews were recorded during a Skype conversation. To analyse the interviews, they were transcribed and uploaded to the qualitative data analysis software ATLAS.ti. This software is one of those most used in academic research for analysing qualitative data such as observations, case studies and interviews. In the literature it is possible to find a software guide for ATLAS.ti [Fr14] as well as

¹ Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, anna.gubanova@hs-hannover.de, ltheuvs@gwdg.de

² Hochschule Hannover, Fakultät IV, Ricklinger Stadtweg 120, 30459 Hannover, michael.clasen@hs-hannover.de

several case studies of the software use [Hw08]. For this research ATLAS.ti helped to structurally analyse qualitative data, identify connections between the interviews and keep records of the observations during the analysis. Table 1 presents information about the startups interviewed.

Country	Interviewees' role	Number of startups	Product phase	Business field
Germany	- cofounder - cofounder - founder - managing director	4	- in development - on the market - on the market - developed and tested	- farm management system - plant disease diagnostic app - farm management system - asparagus monitoring
Israel	business development manager	1	on the market	pest management software
Ukraine	cofounder	1	on the market	navigation and documentation solutions
Australia	cofounder	1	on the market	farm management system
India	cofounder	1	on the market	e-commerce
Indonesia	cofounder	1	on the market	e-commerce
Philippines	founder	1	in development	crowdfunding for farmers
Tanzania	cofounder	1	on the market	e-commerce

Table 1: Description of interviewees

2 Results

The results of the interviews come from two rounds of coding. “A code in qualitative inquiry is most often a word or short phrase that symbolically assigns a summative, salient, essence-capturing, and/ or evocative attribute for a portion of language-based or visual data” [S109]. The first round of coding provided a general impression of the interviews and numerous initial assumptions; the following rounds sought to converge the initial assumptions in all the interviews into a set of core assumptions which were mentioned by the most interviewees. In the first round there were 29 categories of assumptions; in the second round those categories were converged to seven. Each of the seven

codes represents a description of a startup's perspective of the situation on the agricultural market, its target group, its growth and the challenges it faces.

1: There are few IT solutions in the agricultural sector. Most interview participants stated that the current level of technology use in the agricultural sector is low. Many farmers, even big wineries or horticultural companies, use old equipment, for example, tractors that are more than 10 years old, or paper and pencil to keep track of the activities on the field. All interviewees affirm that the competition's level is low and that there are not many easy to use and inexpensive IT solutions for the sector. Interview participants from Asian and African countries also referred to the underdevelopment of the agricultural market with many middle men in the value chain and financial difficulties for farmers, which also often hinder access to new technology.

2: Due to the newness of the technology in the agricultural sector, the first early adopters are keen to help improve the technology. Almost all interviewees had a positive experience developing a product in cooperation with the farmers. In many cases an initial product did not properly function or had just a few functions. First early adopters came into contact with the startups either serendipitously or through recommendations from friends or acquaintances of the founders. Many participants described their early adopters as farmers who already had a certain experience with IT technologies in the field who are open to and interested in getting better solutions. At the same time those early adopters are of diverse age, they manage farms of different sizes and they also have diverse management styles. It is important for all early adopters to gain an immediate value from the use of a prototype or a developed product.

3: Word-of-mouth is paramount for growth during the early stages. Most of the startups interviewed mentioned the importance of word-of-mouth for their initial growth. Often word-of-mouth had a local character. Many startups could see through their tracing systems that, after one or two farmers in a certain region started using their product or service, new users started appearing in that region, but the use of technology normally did not spread into neighbouring regions. Several interviewees affirmed that often the most effective communication channel with farmers is direct contact. Some startups even said that some clients would start using a product only if a neighbouring farmer recommended it.

4: Events play an important role in achieving growth. In this article "events" refers to fairs, exhibitions and presentations. Many startups presented their product for the first time at fairs. Three startups set presenting their solution at a global agricultural fair as a milestone. As a result, all three startups found their first early adopters at those fairs. For one Indonesian startup, participating in one important e-commerce event provided an opportunity to get the endorsement of the Indonesian president and press exposure, which immediately doubled their number of users. Many startups use events as an opportunity to establish crucial contacts with potential partners who can either become investors or connect them with important customers.

5: Trust is the most important factor for farmers. Several startups stated that for many farmers it is extremely important to see how long a company has been in business because for many farmers service plays a more important role than the product itself when making the purchase decision. Good service allows agricultural companies to contact the producer of a product in future and ask for help if something does not work or if something is missing or if product improvements are needed. So, if farmers have already heard about a startup and it has already been on the market for a while, this signals the farmers that it is a startup they can trust.

6: Overcoming local growth as one of the biggest challenges. All startups face the problem of expanding their product or service to other countries or regions. To start growing in a new region, a number of agents should be sent there to present the product because direct contact is the most effective communication channel with farmers. However, this model does not allow a startup to scale fast, and it is connected with additional investments. Several startups found a solution to that problem through partnering with large companies. The main advantage for the large partner in such a cooperation is the additional value for their own services, and for startups the partnership helps to overcome trust problems and reduce customer acquisition costs.

7: Early joint product development is used to achieve critical mass. Several startups started very early to involve their potential users in product development. One of the interviewees affirmed that it does not really matter what kind of product you have; what is important is how the product is developed and how you build the relationships with your users. Most startups presented a very basic product with a minimal number of features to get their first users on board. With these users they are developing a product that will satisfy needs of a later majority. Thus, even without a fully functional product, some startups managed to build their first audience.

References

- [Fr14] Friese, S.: *Qualitative Data Analysis with ATLAS.ti*. Second Edition, London: Sage, 2014.
- [Hw08] Hwang, S.: Utilizing Qualitative Data Analysis Software. A Review of ATLAS.ti. *Social Science Computer Review*, 26 / 4, pp. 519-527, 2008.
- [MR99] Mahler A., Rogers E.M: The diffusion of interactive communication innovations and the critical mass: The adoption of telecommunications services by German banks, *Telecommunication Policy* 23/10-11, p.720 1999.
- [SI09] Saldana, J.: *The Coding Manual for Qualitative Researchers*. First Edition, London: Sage, 2009.
- [Pa02] Patton, M. Q.: *Qualitative research and evaluation methods*. Third Edition, Thousand Oaks, CA: Sage, 2002.

Rechtliche Bewertung der zunehmenden Informationsverarbeitung in der digitalisierten Landwirtschaft

Martin S. Haase¹ und Vanessa Kluge²

Abstract: Wie viele andere Bereiche unterliegt auch die Landwirtschaft einem digitalen Transformationsprozess, dessen Intensität und Bedeutung exponentiell zunimmt. Aus rechtlicher Perspektive bewirkt dieser Digitalisierungsprozess, dass die Verantwortlichen in der Landwirtschaft vermehrt mit rechtlichen Regulierungen konfrontiert werden, die ihnen bisher nur sehr wenig geläufig waren. Hierzu gehören der rechtliche Schutz personenbezogener Daten, die gesamte Breite des Immaterialgüterrechts sowie die rechtlichen Vorschriften zu digitalen Überwachungssystemen. Im Rahmen dieses Beitrags soll eine auf die Besonderheiten von Land- und Forstwirtschaft ausgerichtete rechtliche Systematik zur Einordnung rechtlicher Fragen im Zusammenhang mit Sachverhalten aus der digitalisierten Landwirtschaft erarbeitet und dargestellt werden. Zudem erfolgen Hinweise auf besonders praxisrelevante Fallfragen.

Keywords: Digitalisierung, Informationsverarbeitung, personenbezogene Daten, Rückverfolgung

1 Einleitung

Grundlage der Digitalisierung ist die Erhebung und Verarbeitung von Informationen. Für den Begriff „Information“ gibt es bis heute keine einheitliche Definition (Abschnitt 2). Daher ist es zunächst erforderlich, für die rechtliche Beurteilung sinnvolle Informationsbegriffe zu entwickeln. Dabei soll erörtert werden, welche Eigenschaften von Informationen, die in der Landwirtschaft digital erhoben und verarbeitet werden, welche rechtlichen Implikationen haben. Informationen haben i.d.R. einen Aussagegehalt. Enthält eine Information eine oder mehrere Aussagen über konkrete Menschen, können die rechtlichen Regelungen zum Schutz personenbezogener Daten anwendbar sein (sog. Datenschutzrecht i.e.S.) (Abschnitt 3). Werden durch eine persönliche geistige Schöpfung oder eine besondere Leistung Informationen neu geschaffen, können Urheberrechte oder verwandte Schutzrechte eingreifen (Abschnitt 4). Geht es um das Recht von Personen, über bestimmte Abläufe oder Produkte informiert zu werden, ist u.a. das Verbraucherschutzrecht einschlägig. Ferner stellt sich die Frage über den Umgang mit Behörden (Abschnitt 5).

¹ Technische Universität Berlin, Fakultät VII, Zivil-, Handels-, Gesellschafts- und Innovationsrecht, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin, m.haase@tu-berlin.de.

² Technische Universität Berlin, Fakultät VII, Wirtschafts-, Unternehmens- und Technikrecht, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin, vanessa.kluge@tu-berlin.de.

2 Entwicklung eines Informationsbegriffes

Die Beschreibung und die rechtliche Bewertung der Digitalisierung in der Landwirtschaft sind eng mit dem Informationsbegriff verbunden. Dieser ist in vielen wissenschaftlichen Disziplinen stark umstritten. [H15, S. 120 ff.]

Nach einer Ansicht können unter Daten „kontextfreie Angaben“ verstanden werden, „die aus interpretierten Zeichen bzw. Signalen bestehen“. [W10, S. 4 f.] Auf diesem Verständnis aufbauend werden Informationen als Daten definiert, „die (i.d.R. durch den Menschen) kontextbezogen interpretiert werden und (...) zu Erkenntnisgewinn führen“. [W10, S. 4 f.] Folgt man dieser Ansicht, ist festzustellen, dass das Gesetz bestimmte Rechtsfolgen im Rahmen der erwähnten Rechtsbereiche in der Regel an das Vorliegen von „Informationen“ und nicht von „Daten“ knüpft (vgl. Abschnitt 3 - 5), wohingegen im Zusammenhang mit „Smart Farming“, „Industrie 4.0“ und „Big Data“ reine (Roh-)Daten eine zunehmende Bedeutung erhalten. [E16, S. 3473 ff.]

Wie bereits angedeutet, existieren in Bezug auf den Begriff „Information“ in den unterschiedlichen Disziplinen zahlreiche Definitions- und Umschreibungsversuche. Bereits die Auseinandersetzung mit einigen der Ansätze – „Information als Mitteilung, Nachricht oder Kommunikation“ [B10, S. 5], „Information als eliminierte Unsicherheit“ [B06, S. 279], „Information als Unterscheidbarkeit“ [M07, S. 5], „Information als Organisation von Materie und Energie“ [P90, S. 28] oder „Information als Wissen“ [B80, S. 131] – macht deutlich, dass der Streit über eine einheitliche Definition und damit verbunden ein einheitliches Verständnis über Informationen im Rahmen eines interdisziplinären Ansatzes nur schwer zu erreichen sein wird. Im Zusammenhang mit der anwendungsbezogenen rechtlichen Bewertung empfiehlt sich daher eine Konkretisierung des Informationsbegriffs im Kontext besonders relevanter Rechtsbereiche. Exemplarisch soll dies im Folgenden für das Datenschutz-, Immaterialgüter- und Lebensmittelrecht aufgezeigt werden. Diese Herangehensweise hat für die Praxis den Vorteil, dass auf diesem Wege eine rechtliche Sensibilisierung für Haftungsrisiken geschaffen werden kann.

3 Datenschutzrecht

Das Datenschutzrecht ist auf Prozesse anwendbar, durch die personenbezogene Daten erhoben, verarbeitet oder genutzt werden (vgl. § 1 Abs. 2 BDSG, Art. 1 ff. DS-GVO). Personenbezogene Daten sind Informationen über eine bestimmte oder bestimmbare natürliche Person (vgl. § 3 Abs. 1 BDSG). Das Datenschutzrecht kann in der Praxis beispielsweise bei der Überwachung von landwirtschaftlichen Betrieben mit Videoüberwachungssystemen relevant werden (z.B. Erdbeobachtungssatelliten). Die Beobachtung öffentlich zugänglicher Räume mit optisch-elektronischen Einrichtungen (Videoüberwachung) ist nach § 6b BDSG nur zulässig, soweit sie zur Wahrnehmung berechtigter Interessen für konkret festgelegte Zwecke erforderlich ist und keine Anhaltspunkte bestehen, dass schutzwürdige Interessen der Betroffenen überwiegen. Auch die Überwachung

einer Landmaschine, die teilweise von einem Menschen gesteuert wird (z.B. über GPS), kann zur Anwendbarkeit des Datenschutzrechts führen.

Soweit personenbezogene Daten verarbeitet werden, greift das strenge Verbot mit Erlaubnisvorbehalt. Danach sind das Erheben, Verarbeiten oder Nutzen personenbezogener Daten nur dann zulässig, wenn eine Erlaubnisnorm oder eine datenschutzrechtliche Einwilligung vorliegt (vgl. § 4 Abs. 1 BDSG). Um datenschutzrechtliche Haftungsrisiken zu minimieren, muss die verantwortliche Stelle bei Nichteingreifen einer Erlaubnisnorm eine datenschutzrechtliche Einwilligungserklärung von sämtlichen betroffenen Personen einholen. Eine solche Erklärung muss freiwillig abgegeben werden, auf ausreichenden Informationen beruhen, i.d.R. in Schriftform vorliegen und ggf. hervorgehoben werden (vgl. § 4a BDSG).

4 Immaterialgüterrecht

Das Immaterialgüterrecht umfasst das Urheberrecht sowie die Gesetze und Vorschriften zum gewerblichen Rechtsschutz (u.a. Patentrecht, Markenrecht). Durch das Urheberrecht werden Informationen geschützt, soweit sie eine persönlich geistige Schöpfung enthalten (vgl. § 2 UrhG). Über sog. „verwandte Schutzrechte“, die eine enge Beziehung zum Urheberrecht haben, werden Informationen geschützt, die auf eine Leistung gleicher Art basieren. Im Zusammenhang mit den sog. verwandten Schutzrechten ist der Schutz von Datenbanken besonders bedeutsam (vgl. § 87a ff. UrhG). In der modernen Landwirtschaft werden zunehmend Informationen gesammelt, um hieraus Erkenntnisse zur Verbesserung bisheriger oder zukünftiger Verfahren zu erhalten. Im Kontext von „Smart Farming“, „Industrie 4.0“ und „Big Data“ ist zudem eine Abgrenzung zu den Informationen vorzunehmen, die nicht vom Immaterialgüterrecht umfasst sind. [E16, S. 3473 ff.] Im Hinblick auf solche Daten sollte ein besonderes Augenmerk auf die vertraglichen Regelungen zu den „Zuordnungen“ dieser Informationen und die diesbezüglichen „Befugnisse“ geworfen werden.

5 Lebensmittelrecht

Der immense Stellenwert der Informationserhebung und -verarbeitung spiegelt sich in der Ernährungswirtschaft zudem in der Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln und Futtermitteln nach Art. 18 LM-BasisV3 - auf sämtlichen Wertschöpfungsstufen von der Produktion, über die Verarbeitung, bis zum Vertrieb (Abs. 1) - wider. So müssen Lebens- und Futtermittelunternehmer in der Lage sein, jede Person festzustellen, von der sie ein Lebensmittel, Futtermittel, ein der Lebensmittelgewinnung dienendes Tier oder einen Stoff, der dazu bestimmt ist oder von dem erwartet werden kann, dass er in einem

³ Verordnung (EG) Nr. 178/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 28. Januar 2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit.

Lebensmittel oder Futtermittel verarbeitet wird, erhalten haben (Abs. 2). Gleichermaßen obliegt ihnen die Pflicht zur Feststellung der anderen Unternehmen, an die ihre Erzeugnisse geliefert worden sind (Abs. 3). In beiden Fällen spricht das Gesetz „Systeme und Verfahren“ an, mithilfe derer die relevanten „Informationen“ erfasst, gesteuert und den Behörden gegenüber mitgeteilt werden können.

Die digitale Umwälzung strahlt auch auf diesen Bereich aus und es kündigen sich innovative Technologien an, die bereits jetzt die Erforderlichkeit der Rückverfolgbarkeit als solche in Frage stellen⁴. Bei industriellen Fertigungsprozessen 4.0 sollen zukünftig cyber-physische Systeme als digitales Produktgedächtnis zum Einsatz kommen. Hierbei handelt es sich um ein Abbild im IT-System, das in Realzeit alle Produktionszustände des realen Objekts einnimmt⁵. Es ist wohl nur eine Frage der Zeit, bis die kaskadenhafte Rückverfolgung in Etappen vom „digitalen Zwilling“⁶ abgelöst wird. Dieses bzw. ein vergleichbares Prozedere wird dann mutmaßlich auch den Landwirtschafts- und Ernährungssektor („Smart Farming“) ereilen. Der erstrebte Zugewinn an Lebensmittelsicherheit aufgrund verbesserter Rückverfolgungsmechanismen eröffnet dann wiederum Fragestellungen dahingehend, wie bei der Erfassung und Speicherung von Produkt- und Produktionsinformationen (z.B. CAD-Dateien) rechtlich zu verfahren ist.

Literaturverzeichnis

- [B06] Brockhaus Enzyklopädie, Zwahr, Anette (Red. Leitung), Band 13, HURS – JEM, 21. Auflage, Leipzig u.a., 2006.
- [B80] Brookes, Bertram C., The foundations of information science, Part I. Philosophical aspects, in: Journal of Information Science 1980, S. 125 - 133.
- [B10] Burgin, Marc, Theory of Information – Fundamentality, Diversity and Unification, New Jersey u.a., 2010.
- [E16] Ensthaler, Jürgen, Industrie 4.0 und die Berechtigung an Daten, NJW 2016, S. 3473-3478.
- [H15] Haase, Datenschutzrechtliche Fragen des Personenbezugs, Eine Untersuchung des sachlichen Anwendungsbereiches des deutschen Datenschutzrechts und seiner europarechtlichen Bezüge, Tübingen, 2015.
- [An16] Ist Rückverfolgbarkeit mit Industrie 4.0 noch nötig?, 2016
- [M07] Muller, Scott J., Asymmetry: The Foundation of Information, Berlin u.a., 2007.
- [P90] Poster, Mark, The Mode of Information, Cambridge, 1990.
- [W10] Witt, Bernhard C., Datenschutz kompakt und verständlich, - Eine praxisorientierte Einführung, 2. Auflage, Wiesbaden, 2010.

⁴ <http://www.harting-it.com/themen/rueckverfolgbarkeit/> (abgerufen am 04.12.2016).

⁵ <http://www.harting-it.com/themen/rueckverfolgbarkeit/> (abgerufen am 04.12.2016).

⁶ <http://www.harting-it.com/themen/rueckverfolgbarkeit/> (abgerufen am 04.12.2016).

GIS-gestützte Potentialanalyse von Zielvegetationstypen in den Flächen des E+E-Projektgebiets „Bergwiesen um Oelsen“

Sven Hoser¹

Abstract: Für die Potentialanalyse wurde ein gesamtheitliches, semiautomatisches Modell in ArcGIS entwickelt, welches eine Abfolge von mehreren Werkzeugen beinhaltet. Die Klassifizierung randomisierter Trainings- und Testflächen erfolgte über den Maximum-Likelihood-Algorithmus. Im Ergebnis wurden für fünf von 13 Vegetationstypen geeignete Standorte im Untersuchungsgebiet identifiziert bzw. verifiziert.

Keywords: Potentialanalyse, Modellierung, Maximum Likelihood Klassifikation, Prediction Mapping, ArcGIS, Toolbox, ModelBuilder, Interpolation, Empirical Bayesian Kriging

1 Einleitung

Modelle zur Analyse der Verteilung von Arten basieren sowohl auf der Theorie der ökologischen Nische als auch auf der (mathematischen) Gradientenanalyse [MF10]. Dabei werden die auf die Verteilung der Art oder Gesellschaft beeinflussenden Faktoren wie Topographie und Klima untersucht. Neben den topographischen Einflüssen zählen auch das Relief und die Eigenschaften des Bodens [Kü88]. Die Verbreitung von Vegetationstypen wie die der Mittelgebirgswiesen in Oelsen kann somit durch beeinflussende Umweltfaktoren klassifiziert und vorhergesagt werden. Diese Art von Modell wird als „predictive vegetation mapping“ (Vorhersagende Vegetationskartierung) bezeichnet [Fr95]. Ziel war es, anhand der Standortpräferenzen von 13 Vegetationstypen weitere Flächen zu lokalisieren, welche sich für die Etablierung dieser eignen aber auch um aktuelle Standorte zu bewerten. Diese Vorhersage soll eine Planungshilfe für die Erhaltung und Regeneration der ehemals in Oelsen verbreiteten Bergwiesen darstellen.

2 Das Untersuchungsgebiet

Am Ostrand des Erzgebirges befindet sich das Untersuchungsgebiet im Übergangsbereich von der submontanen zur montanen Stufe. Es gehört zum Projekt „Grünlandverbund Oelsen/Osterzgebirge“ des Landesvereins Sächsischer Heimatschutz e.V. und wird als Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben (E+E) vom BfN (Bundesamt für Natur-

¹ HTW-Dresden, Fakultät Geoinformation, Friedrich-List-Platz 1, 01069 Dresden, sven.hoser@gmx.de

schutz), dem Land Sachsen sowie zahlreiche Institutionen und Wissenschaftler gefördert.

Das Oberflächenrelief wird überwiegend von welligen Hochflächen und von tiefen Tälern bestimmt. Die Ursache des charakteristischen Offenlands (20 – 34% Waldanteil) liegt in der historischen Nutzungsform, dessen Gneisböden von landwirtschaftlicher Bedeutung waren. Das kontinental geprägte Gebiet befindet sich im Übergangsbereich zwischen dem Mittelgebirgsklima sowie dem wärmebegünstigten Klima aus dem Elbhügelland. Ein lokales Regenschattengebiet bewirkt einen subkontinentalen Klimaeinfluss mit niedrigeren Niederschlagssummen. Weiterhin treten reliefbedingt mikroklimatisch unterschiedliche Aspekte wie die Ausbildung von Kaltluftwannen und -seen in den Wiesenmulden auf. Die heutige Ausbreitung der Rotschwengel-Rotstraußgras- sowie der Bärwurzweiden ist auf die Feldgraswirtschaft zurückzuführen. Die Verzahnung von Acker- und Grünlandnutzung bewirkte eine Vermischung von Pionierarten und Magerkeitszeigern mit Grünland- und Ackerarten [Ha10].

3 Methodik

Für die Modellierung wird das Geographische Informationssystem (GIS) ArcGIS der Firma ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.) in den Versionen 10.1 bis 10.3 verwendet. Dieses GIS bietet mit dem ModelBuilder die Möglichkeit eigene Werkzeuge zu entwickeln und diese für andere Anwender verfügbar zu machen.

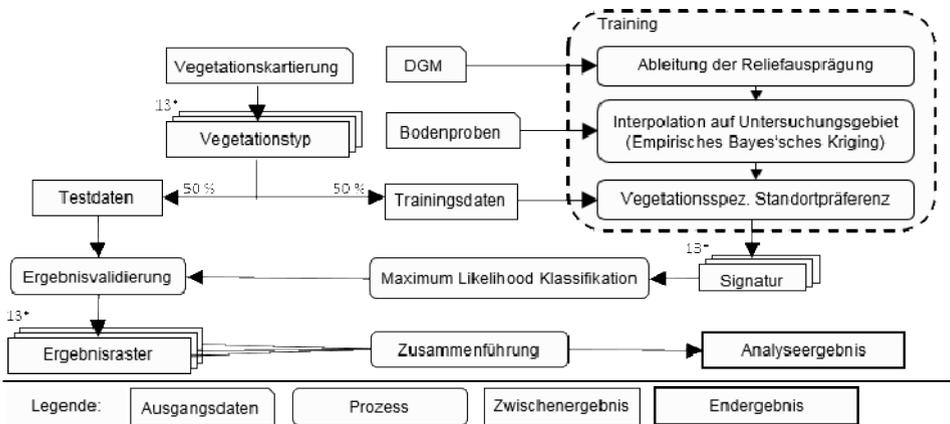


Abb. 1: Ablaufdiagramm der Potentialanalyse. DGM = Digitales Geländemodell

Als Grundlage für die Gesamtheit der betrachteten Flächen wurde eine Vegetationskartierung herangezogen [Fo14]. Daraus wurden die 13 kartierten Vegetationstypen Borstgrasrasen, Bergwiesen, Rotschwengel-Rotstraußgrasrasen, Frischwiesen, Staudenflur, Feuchtwiesen, Flatterbinsenried, Waldsimen-Gesellschaft, Nasswiesen, Kleinseggenrasen – Hirseseggenried, Kleinseggenrasen – Braunseggenried, feuchtes ehemaliges Inten-

sivgrünland und frisches ehemaliges Intensivgrünland extrahiert und jeweils randomisiert in Trainings- und Testgebiete eingeteilt (Abb. 1).

Da die Vegetationsverteilung von Klima und Topographie nach [Au80] von der physiologischen Toleranz der jeweiligen Gesellschaft oder Art abhängt, wurde unter der Verwendung der in Tab. 1 verwendeten klimatischen und topographischen Variablen ein gesamtheitlicher Trainingsalgorithmus entwickelt.

Variable	Wertebereich
Geländehöhe	387,98 - 644,26 m
Hangneigung	0 – 75,74°
Gefälle	0 – 393,59 %
Exposition	8 ordinale Klassen
Globalstrahlung	0 – 3377,92 Wh/m ² , 6 ordinale Klassen
Wärmeeinfluss/	0,05 – 1,02
Oberflächentemperatur	6 ordinale Klassen
Abflussakkumulation	0 – 48073748, 4 ordinale Klassen
Humus	1,99 – 43,78 %
pH-Wert	3,59 – 7,02
Phosphor	0,5 – 22,86
Kalium	1,44 – 110,86
Magnesium	2,57 – 69,99
Gesamtstickstoff	0,1 – 1,88 %
Organischer Kohlenstoff	1,15 – 25,39 %

Tab. 1: Verwendete Umweltvariablen und ihre Wertebereiche

Aus einem digitalen Geländemodell (DGM) wurden klimatische und topographische Merkmalsausprägungen abgeleitet. Weiterhin konnte ein flächendeckendes Raster an Bodenparametern (Tab. 1) durch die geostatistische Interpolation (Empirisches Bayes'sches Kriging) aus einem über das Gebiet verteiltes Bodenprobenetz erstellt werden (Abb. 1).

Um die einzelnen Trainingsgebiete der Vegetationstypen mit den Werten der Umweltvariablen anzulernen, wurde für jede Umweltvariable und jeden Vegetationstyp eine Mustererkennung durchgeführt. In einem iterativen Prozess wurde dabei für jede als Raster angelegte Umweltvariable eine Signatur erstellt. Mit Hilfe der unterschiedlichen Signaturen konnte die Klassifikation unter Verwendung des Maximum-Likelihood-Algorithmus durchgeführt werden.

Unter Berücksichtigung der Varianzen und Kovarianzen der Klassensignaturen konnte jede Rasterzelle einer Klasse zugewiesen werden. Dies erfolgte durch die Charakterisierung der Klasse mit Hilfe des mittleren Vektors und der Kovarianzmatrix. Für jede Klasse wurde die Wahrscheinlichkeit berechnet und somit Klassenzugehörigkeit der Zellen bestimmt.

4 Ergebnis und Diskussion

Für jeden Vegetationstyp wurde ein Raster mit potentiellen Etablierungs- und Erhaltungsflächen erstellt. Anschließend wurden diese Raster überlagert und ein Raster mit den Ausbreitungsmöglichkeiten der 13 Vegetationstypen erzeugt. Die Standortansprüche der meisten Vegetationstypen wurden mit Literaturangaben [Ha10], [DB08] verglichen und konnten bestätigt werden. Große Abweichungen waren jedoch in Bezug auf die Übereinstimmung mit den Trainings- und Testgebiete festgestellt. Von den 13 Vegetationstypen wurden lediglich Borstgrasrasen, Bergwiesen, Staudenflur, Waldsimsen-Gesellschaft, feuchtes ehem. Intensivgrünland positiv getestet. Eine visuelle Analyse der Ergebnisse zeigt, dass diese fünf Vegetationstypen größtenteils durch die Reliefausprägungen und deren Ableitungen eine Prognose erstellt wurde. Die interpolierten Bodenparameter bilden somit eine Schwachstelle des Modells. Die Dichte des Probennetzes war für eine Interpolation und nachfolgende Prognose zu gering, was große Unsicherheiten bei den Interpolationsergebnissen zur Folge hatte. Eine Kompensation dieser Unsicherheit bzgl. der Bodenwerte könnte die Verwendung von RADAR-Daten bilden. Grundsätzlich erfordert das Modell eine hohe gutachterliche Interpretation der Zwischen- und Endergebnisse. Noch nicht aufgegriffen ist die Konfliktanalyse mehrerer Vegetationstypen auf einer Fläche sowie die automatisierte Differenzierung der einzelnen Umweltvariablen.

Literaturverzeichnis

- [Au80] Austin, M. P. (1980): Searching for a model for use in vegetation analysis. In: *Vegetatio* 42 (1-3), S. 11–21.
- [DB08] Dierschke, H.; Briemle G. (2008): *Kulturgrasland. Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren*; 20 Tab. Stuttgart: Ulmer (Ökologie Botanik).
- [Fo14] Forker, M. (2014): *Vegetationskartierung Oelsen*.
- [Fr95] Franklin, J. (1995): Predictive vegetation mapping: geographic modelling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. In: *Progr Phys Geogr* 19 (4), S. 474–499.
- [Ha10] Hachmöller, B. et al. (2010): *Regeneration und Verbund (sub-)montaner Grünlandbiotopie im Osterzgebirge. Ergebnisse eines E+E-Vorhabens des Bundesamtes für Naturschutz. Bonn (99)*.
- [Kü88] Küchler, A. W. (1988): *The Nature of the Environment*. In (Küchler, A. W.; Tüxen, R.; Lieth, H. Hrsg.): *Vegetation mapping*. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ (Handbook of vegetation science, Vol. 10), S. 89–95.
- [MF10] Miller, J. A.; Franklin, J. (2010): *Incorporating Spatial Autocorrelation in Species Distribution Models. Handbook of Applied Spatial Analysis: Software Tools, Methods and Applications*. In (Fischer, M. M.; Getis, A. Hrsg.): *Handbook of Applied Spatial Analysis*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 685–702.

Nutzung eines RTK-GPS Systems im Versuchsanbau für eine automatisierte, parzellenbasierte Sensordatenzuordnung

Mario Jenz¹, Kim Möller¹, Dominik Nieberg¹, Hans-Peter Maurer², Tobias Würschum² und Arno Ruckelshausen¹

Abstract: Die Feld-Phänotypisierungsplattform „BreedVision“ wird in der Pflanzenzüchtung im Versuchsanbau verschiedener Getreidesorten eingesetzt. Mit ihr werden anhand der aufgenommenen Sensordaten nicht invasiv pflanzenbauliche Merkmale wie z. B. Wuchshöhe oder Trockenbiomasse erfasst. Mit Hilfe einer GIS Software wurden Getreideparzellen geplant und entsprechend ausgesät. 2016 wurde erstmals ein RTK-GPS System der Firma Trimble auf der Phänotypisierungsplattform während der Überfahrt eingesetzt um die aufgenommenen Sensordaten und die daraus resultierenden Pflanzenmerkmale zu einer Parzelle zuzuordnen. Die nachfolgende Arbeit stellt die Nutzung und Validation des RTK-GPS Systems in der Feld-Phänotypisierungsplattform „BreedVision“ vor.

Keywords: Pflanzenphänotypisierung, Outdoor, Multisensorplattform, GIS, RTK-GPS

1 Einleitung

Die aufwändige händische Phänotypisierung durch Pflanzenzüchter wird zunehmend durch eine automatisierte sensorische, zerstörungsfreie Erfassung von Pflanzenmerkmalen ersetzt. Hierzu hat die Hochschule Osnabrück gemeinsam mit der Landessaatzuchtanstalt in Hohenheim im von dem BMEL und der FNR e.V. geförderten Projekt „pred-breed“ die selbstfahrende Multi-Sensorplattform „BreedVision“ (s. Abb. 1) aufgebaut [Mö16]. Bei der Getreidezüchtung werden neue Sorten in Versuchspartellen angebaut. Diese sind 5-6 m lang, ca. 1,5 m breit, durch einen ca. 1,5 m langen freien Zwischenraum voneinander getrennt und in Reihen hintereinander angeordnet. Für eine möglichst zeitsparende Vermessung werden die Reihen als Ganzes abgefahren. Für die Zuordnung der Sensordaten zu einer bestimmten Parzelle müssen die Parzellengrenzen bekannt sein.

Bisher wurde die Zuordnung der Parzellengrenzen wie folgt realisiert: Nach der Aufnahme wurde mit Hilfe von Sensordaten, insb. des Lichtschattensensors [Bu13], die Parzellengrenzen halbautomatisiert anhand der Parzellenzwischenräume bestimmt. Dazu war es notwendig, die Zwischenräume pflanzenfrei zu halten, um deutlich den Parzel-

¹ Diese Autoren haben gleichermaßen zu dieser Arbeit beigetragen
Hochschule Osnabrück, Labor für Mikro- und Optoelektronik, Sedanstr. 26, 49076 Osnabrück,
A.Ruckelshausen@hs-osnabrueck.de

² Universität Hohenheim, Landessaatzuchtanstalt (LSA), Fruwirthstr. 21, 70599 Stuttgart,
Tobias.Wuerschum@uni-hohenheim.de

lenanfang und das –ende zu erkennen.



Abb. 1: „BreedVision“-Trägerplattform

2 Material und Methoden

Die neue Methode basiert auf der Planung des Feldversuchs mit einem GIS-Programm und einem RTK-GPS System auf der Sensorplattform. Damit ist keine Pflege der Parzellenzwischenräume erforderlich, der Automatisierungsgrad wird gesteigert und die Robustheit erhöht.

Hierzu werden rechteckige Versuchsparzellen durch vier GPS-Koordinaten an den Eckpunkten festgelegt. Die Aussaat der Parzellen erfolgt mit einem Traktor auf dem ein RTK-GPS System installiert ist und einer Parzellensämaschine dessen Auslösung durch dieses System angesteuert wird. Die „BreedVision“-Plattform wurde ebenfalls mit einem RTK-GPS System ausgestattet und in die vorhandene Systemarchitektur implementiert [Mö16, Je16]. Auf Grundlage der Parzellen-Planungsdaten wird bei der Überfahrt in den RTK-GPS Systemen stetig geprüft, ob sich das Fahrzeug innerhalb oder außerhalb einer Parzelle befindet. Wird eine Parzellengrenze überfahren, ändert sich der Schaltausgang des Systems. Dieser wird für die Steuerung der Sämaschine verwendet bzw. in der Phänotypisierungsplattform zur Deklaration der Parzellengrenzen verwendet.

Für die Validation der neuen Methode wurden insgesamt 48 Versuchsparzellen mit der Software „MiniGIS“ von Geokonzept geplant [Ge16]. Eine auf dem Versuchshof installierte RTK Basisstation erreicht in Verbindung mit dem auf der Plattform installiertem Trimble FmX System eine theoretische Positionsgenauigkeit von $\pm 0,025$ m. Voraussetzung für die Nutzung der neuen Methode ist zudem eine ortskorrekte Aussaat.

3 Ergebnisse

Um die Genauigkeit des Systems und die laut Hersteller angegebene Genauigkeit von $\pm 0,025$ m zu überprüfen, wurden die 48 Versuchsparzellen drei Mal mit der Sensorplattform überfahren. Anhand der gespeicherten Parzellengrenzen mit Hilfe des Schaltausgangs wurden die entsprechenden GPS-Koordinaten für den Start bzw. das Ende

einer Parzelle bestimmt und der Abstand zu den **geplanten** Parzellenanfängen und -enden berechnet.

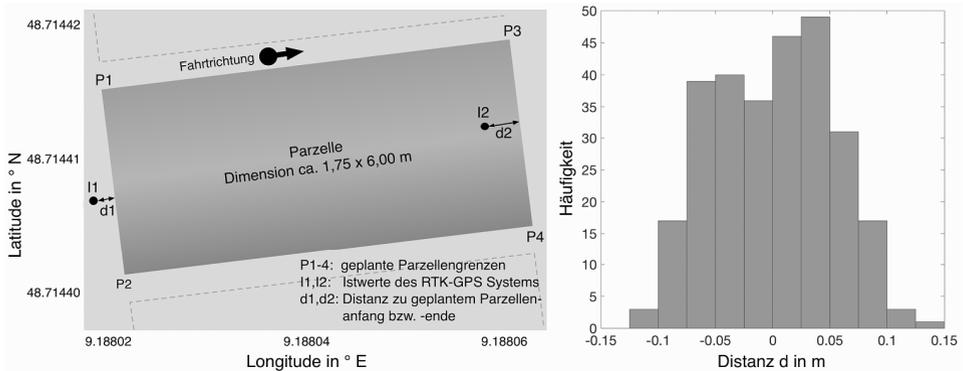


Abb. 2: links: Parzellenplanung vs. Istwerte, schematische Darstellung, rechts: Häufigkeitsverteilung der Abstände d

Abb. 2 (links) zeigt die schematische Darstellung einer vermessenen Parzelle. Die durch die Punkte P1 bis P4 geplante Parzelle wurde in der dargestellten Fahrtrichtung vermessen. Die Position der Auslösung des Schaltausgangs des RTK-GPS Systems bei der Einfahrt in bzw. Ausfahrt aus der Parzelle, wird durch die Punkte I1 und I2 dargestellt. Der Abstand d_1 (I1 zu der Linie P1P2) bzw. d_2 (I2 zu P3P4) entspricht dabei der Ungenauigkeit des Gesamtsystems. Die Umrechnung der kartesischen Koordinaten in einen Abstandswert erfolgte mit Hilfe der MATLAB® „distance“-Funktion und den trigonometrischen Beziehungen. Das Histogramm in Abb. 2 (rechts) zeigt dabei die Häufigkeit des tatsächlichen Abstands zu den geplanten Parzellenanfängen und -enden. Die vom Hersteller angegebene theoretische Genauigkeit von $\pm 0,025$ m kann dabei in der Praxis nicht eingehalten werden. Die errechnete Standardabweichung beträgt 0,052 m, die maximale Abweichung 0,126 m.

4 Vergleich zu alternativen Methoden

Für die Einteilung der aufgenommenen Sensordaten in Parzellen wurden bisher die Daten des Lichtgitters verwendet. Anhand des Schattenbildes werden die Parzellengrenzen entsprechend festgelegt [Bu13]. Eine weitere Möglichkeit bieten die Daten eines Ultraschallsensors, der zur Detektion von Parzellengrenzen und -höhen für die Ansteuerung des in der Plattform integrierten, höhenverstellbaren Sensormoduls [Je16] verwendet wird. Beide Systeme haben jedoch gegenüber der RTK-GPS Methode folgende Nachteile: Beide erfordern eine regelmäßige Entfernung von Beikräutern in den Parzellenzwischenräumen damit Parzellenanfang und -ende zuverlässig erkannt werden. Des Weiteren ist eine Vermessung der Versuchsparzellen in sehr frühen Wachstumsstadien nicht möglich, da eine sensorische Parzellenerkennung eine Mindest-Pflanzenhöhe (von eini-

gen 0,10 m) erfordert. Weiterhin kann die Interpretation der Sensordaten unter gewissen Umständen zu Fehlern führen (z. B. bei ungleichem Bewuchs oder Lagerschäden). Bei Verwendung der Lichtgitter als bildgebendes Element der Phänotypisierung erfolgt die Festlegung der Parzellengrenzen bisher softwarebasiert nach der Aufnahme und steht daher i.d.R nach dem Transfer der Sensordaten auf einen Server zur Verfügung. Damit ist eine schnelle, parzellenbasierte Sichtung der aufgenommenen Daten auf dem Feld nur schwer möglich.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde gezeigt, dass die Verwendung eines RTK-GPS Systems zur automatisierten Kennzeichnung von Parzellengrenzen im Versuchsanbau nützlich ist und eine Reihe von Vorteilen gegenüber den gezeigten alternativen Methoden bietet. Im Rahmen der im Kapitel 3 dargestellten Ungenauigkeiten ist insbesondere der höhere Automatisierungsgrad hervorzuheben. Die Abweichung ist im Vergleich zu den typischen pflanzenbaulichen Störgrößen (Unebenheiten, Witterungseinflüsse) als gering einzustufen.

Mit weiteren Feldversuchen ist noch zu klären, wie häufig Aussaatfehler auftreten, um eine fundierte Aussage darüber treffen zu können, ob die RTK-GPS-Methode eine ausreichende Sicherheit und Genauigkeit bietet oder z. B. in Verbindung mit der Lichtgittermethode eingesetzt werden sollte.

Literaturverzeichnis

- [Bu13] Busemeyer, L. et al.: “BreedVision — A Multi-Sensor Platform for Non-Destructive Field-Based Phenotyping in Plant Breeding.” *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2013;13(3):2830-2847. doi:10.3390/s130302830.
- [Ge16] Produktbeschreibung Software MiniGIS, http://www.geo-konzept.de/data/produkte/produktinformation15_minigis_115.pdf, Aufrufdatum: 22.11.2016.
- [Je16] Jenz, M.; Möller, K.; Nieberg, D.; Ruckelshausen, A.: “Automatisierte Höhennachführung eines Multisensorsystems zur Feldphänotypisierung“, Referate der 36. GIL-Jahrestagung, 22.-23. Februar 2016, Osnabrück, S. 77-80.
- [Mö16] Möller, K.; Jenz, M.; Kroesen, M.; Losert, D.; Maurer, H.-P.; Nieberg, D.; Würschum, T.; Ruckelshausen, A.: “Feldtaugliche Multisensorplattform für High-Throughput Getreidephänotypisierung - Aufbau und Datenhandling“. In Referate der 36. GIL-Jahrestagung, 22.-23. Februar 2016, Osnabrück, S. 137-140.

Classification of agricultural land use and derivation of biophysical parameter using SAR and optical data

Patrick Knöfel¹, Thorsten Dahms¹, Erik Borg² and Christopher Conrad¹

Abstract: Agricultural monitoring is essential for global issues, which can be reflected by the terms of food security and ensuring ecosystem services. Due to the high spatial and temporal resolution of the remote sensing sensors enormous potential for precision farming has been worked out in cooperation between science and the private sector. However, the quality of field specific yield estimations, for instance, is highly influenced by the accuracy of the underlying information like land use, plant development, and stress indicators. Thus, particular knowledge about the accuracy of all the relevant indicators is crucial for agricultural monitoring. The chair of remote sensing at the University of Wuerzburg has gained a lot of expertise in this context by working on their three latest ongoing projects with agricultural focus. Within the framework of these projects, a classification and assessment tool with graphical user interface (MELanGe) was developed, which can be used for land use mapping and biophysical parameter derivation.

Keywords: Crop classification; data mining; biophysical parameter; data fusion; R-programming

1 Introduction

In recent years, excellent results were achieved in the field of agricultural monitoring using remote sensing information. Numerous projects, publications and contributions to international conferences demonstrate a projection-oriented development. Agricultural monitoring is essential for global issues, which can be reflected by the terms of food security and ensuring ecosystem services. European and international initiatives aim to develop data and information services that allow long-term monitoring of agricultural production or early detection of seasonal negative developments such as droughts. However, current services in the agricultural sector like Copernicus, GEOSS, or GeoGLAM aiming more on regional and global than on local services. High-resolution (≤ 30 m) systems are still significantly under-represented in it. The derivation of high resolution multi-frequent maps of biophysical parameters (leaf area index, fraction of absorbed photosynthetically active radiation, biomass, etc.) for agricultural monitoring is of interest in this context. The University of Wuerzburg has participated in this development by working on three ongoing projects named PhenoS, Techs4Times, and GLAM.DE covering different thematic topics. Scientific core objective of GLAM.DE is to develop innovative method of agricultural monitoring based on the high-resolution optical and SAR (Synthetic Aperture Radar) data. In particular, the synergetic effect of the two different data sources for the derivation of biomass and soil organic matter is investigated.

¹ Universität Würzburg, Oswald Külpe Weg 86, 97074 Würzburg, patrick.knoefel@uni-wuerzburg.de

² Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), 17235 Neustrelitz, erik.borg@dlr.de

Techs4Times is focusing on the generation of time series of biophysical parameters by using synthetic remote sensing information with high spatial and temporal resolution. PhenoS aims at the development of algorithms and models for operational detection of phenological optimal time windows for cost and computational efficient, improved land use classifications. In this context an object based classification and assessment tool called MELanGe (“Multi-functional tool for the Evaluation of Land use classification and Geometric accuracy”) was developed. One particular focus is set on the separation of cereal crops with high spectral and phenological similarities. Previous studies demonstrated that the selection of appropriate temporal windows in which satellite data should be present can assure classification accuracies [LKC15, Cc14]. So far these studies were mainly applied to the classification of major crops. The paper focuses on cross-project investigations by using SAR data with the classification algorithm developed for optical data and on accurate separation of spectrally similar (major and minor) crops like wheat, barley, and rye.

2 Study area

The study area is located near the town Demmin in Mecklenburg-West Pomerania (Mecklenburg-Vorpommern) in Northeast-Germany (Fig. 1). The landscape was formed by glaciers and melting waters during the Weichsel glacial period, approximately 10.000 years ago. The climate is moderate, with an average annual temperature of 8–8.5 °C and an average annual rainfall of 550 mm – 600 mm [Bo09]. The investigated fields are located within the Cal/Val site of the German Aerospace Center (DLR) “DEMMIN” (Durable Environmental Multidisciplinary Monitoring Information Network) which is part of the German TERrestrial ENvironmental Observatory (TERENO).

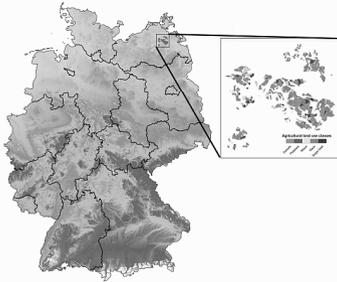


Figure 1: Location of the study area DEMMIN.

3 Data

Only a few currently available remote sensing systems provide a sufficient combination of temporal, spatial and spectral resolution for agricultural applications. The main objec-

tive of the studies is to evaluate the potential of Sentinel-1 (S-1) and Sentinel-2 (S-2) data, solely as well as the synergetic effect. Additional data sources are digitized field objects, land use information, and in-situ measurements of biophysical parameters.

4 Object based land use classification and accuracy assessment

For data mining a multi-temporal Random Forest (RF) classification [Br01] is used. The required zonal information to train the RF classifier originates from the MELanGe tool. The about 550 input objects were derived by using digitized agricultural fields. For each object and S-2 image 19 vegetation or spectral indices were calculated. This information serves as prediction features for the RF algorithm. In addition, object means for each S-1 scene and parameter (backscatter, coherence, etc.) are added to the feature table. Finally, MELanGe performs a permutation of RF classifications for all possible combinations of the available S-1 and S-2 time steps and features. The interactive part of MELanGe helps to identify relevant time steps for the investigated purpose. It also allows the user to visualize the classification accuracy results as well as the time step combinations with highest classification accuracies. The accuracy assessment of the classification is done by analysing the confusion matrix [CG09] and its derivatives accuracy parameters OA and the class-wise accuracy (F1-measure, [Ri79]). The visualization of the accuracies is based on boxplots, a ranking of the accuracies with respective time step combinations, and the confusion matrix of the optimal time step selection (highest OA or F1). Because of economic constraints it is mostly not feasible to collect ground truth data for an entire dataset. Choosing a certain sampling design is always a trade-off between various design criteria, like probability, sampling design, ease and practicality of implementation, representative spatial distribution across the area, small standard errors in the accuracy, etc. [OI14]. From the various sampling designs typically applied to accuracy assessment [St09] we choose the stratified sampling as the design for the studies. Prior to the definition of the individual strata allocation of an appropriate sampling size is performed. For the derivation of biophysical parameters such as the fraction of absorbed photosynthetic active radiation (FPAR), leaf area index (LAI), chlorophyll content, and biomass currently the development of robust methods is of interest. The importance of different spectral variables was evaluated for different biophysical parameters [Da16].

5 Results and discussion

The initially for the use of Rapid Eye imagery developed MELanGe tool was successful adapted for using S-1 and S-2 data. The assessment of classification accuracy is showing that an increase of the thematic resolution of summary from cereals to sub-cereal classes led to reduced F1s at the higher thematic resolution level, e.g. if comparing the accuracies of the summery class ‘winter cereals’ (F1: 0.953) with the F1s of ‘winter barley’ (0.763) or ‘winter wheat’ (0.870). The quality assessments using MELanGe showed that the corresponding time step combinations for the highest accuracy differ from class to

class. In addition, the synergetic effect of SAR and optical data for classification is demonstrated successfully in the way that using SAR supplementary to optical data improves the classification accuracy about 4%. Finally, the RF feature importance was analyzed for specific time step combination. The features with highest importance are the RedEdge bands of S-2 and the simple ratio BGI for the optical data sets. The NDVI has less influence on the classification accuracy. In addition, the importance of the RedEdge bands is also found for modelling biophysical parameters.

6 Conclusion

Joined use of SAR and optical remote sensing data can improve the accuracy of land use classification maps and the derivation of biophysical parameter. The importance of the RedEdge bands for land use classification and modelling of biophysical parameters, e.g. for cereal crops like winter wheat is high (compared to other features). Furthermore, performing a stratified sampling prior to RF classification can lead to more robust classification accuracies for minor cereal classes, like barley.

Literature

- [Bo09] Borg, E. et al.: DEMMIN – Teststandort zur Kalibrierung und Validierung von Fernerkundungsmissionen – Geodätisches Fachforum und Festakt, Eigenverlag, 2009.
- [Br01] Breiman, L.: Random Forests. *Mach. Learn.* 45, 1 (October 2001), 5-32, 2001.
- [CG09] Congalton, R.G. & Green, K.: *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data Principles and Practices*. Second Edition. CRC Press, Boca Raton, USA, 2009.
- [Cc14] Conrad, C. et al.: Derivation of temporal windows for accurate crop discrimination in heterogeneous croplands of Uzbekistan using multitemporal RapidEye images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 103, pp. 63–74, 2014.
- [Da16] Dahms, T. et. al.: Important Variables of a RapidEye Time Series for Modelling Biophysical Parameters of Winter Wheat. *Journal for Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, accepted, 2016.
- [LKC14] Löw, F., Knöfel, P. & Conrad, C.: Analysis of uncertainty in multi-temporal object-based classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 105, pp. 91–106, 2015.
- [St09] Stehman, S. V.: Sampling designs for accuracy assessment of land cover. *International Journal of Remote Sensing*, 30(20), pp. 5243–5272, 2009.
- [OI14] Olofsson, P. et al.: Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148, pp. 42–57, 2014.
- [Ri79] Van Rijsbergen, C.J.: *Information Retrieval*, Butterworth-Heinemann, London, 1979.

Effizienzvergleich von automatischen Lenksystemen mit manueller Lenkung während der Grünlandernte auf Basis von Prozessparametern der Zugmaschine

Iris Kral^{1,2}, Marie Mauch¹, Norbert Barta^{1*}, Gerhard Piringer^{1,2}, Alexander Bauer¹, Josef Bauerndick³, Heinz Bernhardt³ und Andreas Gronauer¹

Abstract: Der Nutzen von automatischen Lenksystemen wurde bisher vor allem im Ackerbau untersucht. In der vorliegenden Studie soll daher der Nutzen zwischen manueller Lenkung (mL) und automatischer Lenkung (aL) in der Grünlandwirtschaft durch Feldversuche verglichen werden. Die Prozessparameter wurden aus CAN- und ISO-Bus der Zugmaschine während des Mähens, Wendens und Schwadens erfasst. Die größten Abweichungen zwischen mL und aL wurden im Bereich der Feldarbeitszeit beobachtet. Hier war die Bearbeitung mit aL im Mittel 42,6% während des Mähens und 30,0% während des Wendens langsamer als mit mL. Neben unterschiedlichen Fahrstrategien war dieser Umstand auf einen mangelhaften Wechsel von mL auf aL nach der Wende zurückzuführen. Im Gegensatz dazu konnte mit der aL während des Schwadens um 15,6% schneller gearbeitet werden als mit mL. Dies ist auf einen Wendevorgang mittels Schwalbenschwanzwende während mL zurückzuführen.

Keywords: Automatische Lenksysteme, GPS, Grünlandwirtschaft, Mähen, Wenden, Schwaden, Effizienz, Schlagkraft.

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren hat es eine Umorientierung in der Landtechnik in Richtung Präzisionslandwirtschaft gegeben. GPS-Basierte automatische Lenksysteme können einen Beitrag zur Effizienzsteigerung bei Bodenbearbeitung, Aussaat, Pflegemaßnahmen und der Ernte leisten [No16]. Ein wesentlicher Vorteil dieser Systeme ist es, Arbeiten auch bei schlechten Sichtbedingungen wie z.B. bei Nebel oder Dunkelheit ohne Qualitätsverlust mit erhöhter Geschwindigkeit fortsetzen zu können [No16]. In einem Vergleich im Ackerbau konnte gezeigt werden, dass es zu einem Zeitverlust im Übergang von mL auf aL nach der Wende kommen kann [La09]. Aufgrund der begrenzten Feldarbeitstage ist die Bearbeitungszeit ein wesentlicher Faktor für eine effiziente Bewirtschaftung von Grünland. Eine Untersuchung von [Ho06] berichtet, dass sich mit aL die effek-

¹ Universität für Bodenkultur, Institut für Landtechnik, Peter-Jordan Straße 82, 1190 Wien, Österreich, iris.kral@boku.ac.at, norbert.barta@boku.ac.at, gerhard.piringer@boku.ac.at, alexander.bauer@boku.ac.at, andreas.gronauer@boku.ac.at

² AlpS GmbH Grabenweg 68, A-6020 Innsbruck, Österreich

³ Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, D-85354 Freising, Deutschland, josef.bauerndick@wzw.tum.de, heinz.bernhardt@wzw.tum.de

* Korrespondierender Autor

tive Arbeitsbreite erhöht und dadurch der Zeitaufwand in der Grünlandwirtschaft um ein bis zwei Prozent reduziert werden kann. Ähnliche Arbeiten zeigen eine Abnahme der Verluste an effektiver Arbeitsbreite durch Überlappung in der Grünlandwirtschaft von 5,03 % mit mL auf 2,34 % mit aL. Trotz dieser Studien ist das Potential dieser Technologie im Grünland ist noch wenig bekannt und soll in dieser Arbeit genauer untersucht werden.

2 Material und Methoden

Der Versuch wurde im intensiv genutzten Grünland am Rheinhof in Hohenems im westlichen Österreich durchgeführt. Die Fläche (Abb.) wurde in sechs rechteckige, gleich große Versuchspartellen mit einer Fläche von je 0,8 ha unterteilt. Dabei wurden die Plots P1, P3 und P6 mit aL und die Plots P2, P4 und P5 mit mL geerntet. Die Versuche wurden am 11. und 12.09.2015 im Rahmen des vierten Schnitts durchgeführt.



Abb.1: Versuchsflächen am Rheinhof in Hohenems. Plot 1, 3, 6 (aL); Plot 2, 4, 5 (mL) [Ma16]

Das Mähen wurde mit einem Steyr Profi CVT 6130 (Baujahr 2015; 96 kW) durchgeführt, welcher mit einem S-Guide RTK-System ausgestattet war. Als Mähwerk wurde ein Pöttinger EUROCAT 316F Classic in Kombination mit einem Pöttinger NOVACUT 302 Heckmäherwerk verwendet. Das Wenden und Schwaden wurde mit einem Steyr Multi 4115 (Baujahr 2015; 84 kW), ausgestattet mit einem Trimble XCN 2050 RTK-System, durchgeführt. Für das Wenden wurde ein „Euro-Hit 80 NZ“ verwendet. Für das Schwaden wurde ein „Euro TOP 421 N“ Einkreiselschwader eingesetzt. Die gemessenen Arbeitsbreiten sind in Tab. 1 zusammengefasst.

Die Fahrspuren und das Vorgewende für eine Parzelle mit aL wurden mit Hilfe der AFS Software von CASE iH mit der Multiswath-Funktion geplant. Die Asymmetrie des Heckmäherwerks wurde in der Planung berücksichtigt. Die Spuren für das Schwaden wurden beidseitig (Doppel-Schwade) geplant. Die Spurführung für die mL wurde den Fahrern überlassen, durfte aber nicht zwischen den Parzellen variiert werden. Die Prozessdaten wurden aus CAN- und ISO-Bus mit einem Vector GL-3000 Datenlogger aufgezeichnet. Zusätzlich wurde das Signal eines Garmin GPS18xLVC (Genauigkeit 3m)

aufgezeichnet. Die statistische Auswertung erfolgte mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse. Für das Mähen sowie für das Wenden und Schwaden wurden zwei unterschiedliche Fahrer eingesetzt. Jeder Fahrer führte den ihm zugeordneten Prozessschritt sowohl mit mL als auch mit aL durch. Der verbleibende Überstand wurde mit einem Maßband bestimmt und damit auf die effektive Arbeitsbreite über die Parzellengröße zurückgerechnet.

	Nennbreite	Feldarbeitsbreite	Breite geplant	Eff. Breite mL	Eff. Breite aL	Verlust mL	Verlust aL
Mähen	6,09 m	5,70 m	5,50 m	5,21 m	5,52 m	8,67 %	3,20 %
Wenden	7,45 m	-	7,00 m	-	-	-	-
Schwaden	4,20 m	3,30 m	3,30 m	3,15 m	3,30 m	4,45 %	0,00 %

Tab. 1: Arbeitsbreiten der Geräte, geplante Spurbreiten und effektive Arbeitsbreiten

3 Ergebnisse

In den Versuchsergebnissen zeigen sich die in der Literatur genannten Verbesserungen in der effektiven Arbeitsbreite um ca. 5% (Tab. 1). Die großen Unterschiede in der Arbeitszeit pro Parzelle lassen sich durch unterschiedliche Fahrstrategien von mL und aL erklären. Beim Mähen wählte der Fahrer mit mL aufgrund der kleinen Parzellengröße Spuren in Spiralförmigkeit, um eine effizienten Wende zu ermöglichen. Dabei war die Spirale in der Drehrichtung so gewählt, dass sich der Fahrer an dem im Blickfeld befindlichen Frontmäherwerk orientieren konnte. Zusätzlich wurden beim Mähen mit mL zwei Spurbreiten für das Vorgewende angelegt, während mit aL drei Spuren eingeplant wurden.

	Mähen - F1		Wenden - F2		Schwaden -F2	
	Längs	Wende	Längs	Wende	Längs	Wende
P1	11,72 ^c	5,06 ^b	-	-	9,57 ^b	8,37 ^a
P3	12,70 ^{bc}	6,38 ^b	9,79 ^a	8,51 ^a	9,96 ^a	8,70 ^a
P6	13,10 ^{bc}	7,86 ^a	9,66 ^a	8,79 ^a	9,53 ^b	8,32 ^a
P2	14,96 ^a	9,52 ^a	-	-	9,03 ^c	5,10 ^b
P4	14,06 ^{ba}	9,69 ^a	10,05 ^a	8,91 ^a	9,03 ^c	5,41 ^b
P5	12,25 ^c	9,17 ^a	8,91 ^a	8,67 ^a	8,76 ^c	5,17 ^b
Sign.	p<0,001	p<0,001	n.s.	n.s.	p<0,001	p<0,001

Tab. 2: Durchschnittliche Fahrgeschwindigkeiten in km/h für mL und aL (Mittelwert - MW; Fahrer 1 - F1; Fahrer 2 - F2; n.s. – nicht signifikant) [Ma16]

Die Durchschnittsgeschwindigkeit der einzelnen Bearbeitungssegmente hatte ebenfalls einen Einfluss auf die Arbeitszeit. Bei einer Aufteilung in Arbeitsfahrt und Wende zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen aL und mL. In Tab. 2 sind die durchschnittlichen Geschwindigkeiten für Mähen, Wenden und Schwaden enthalten. Während beim Mähen und Schwaden signifikante Unterschiede in den Geschwindigkeiten festzustellen

sind, kann dies beim Wenden nicht nachgewiesen werden. Beim Mähen ist eine langsamere Fahrt auf den Wechsel von mL auf aL zurückzuführen. Fahrer 1 zeigte eine kontinuierliche Steigerung der Geschwindigkeit mit aL, was auf einen Lerneffekt hindeutet. Die signifikant höhere Geschwindigkeit mit aL beim Schwaden während des Spurwechsels beruht auf der Schwalbenschwanzwende welche mit mL gewählt wurde (Tab.).

4 Diskussion und Ausblick

Die Messergebnisse belegen die in der Literatur angeführte Verbesserung der effektiven Arbeitsbreite. Die starken Unterschiede in der Bearbeitungszeit sind stark durch die motorischen Fähigkeiten des Fahrers beeinflusst nach der Wende die gewählte Spur der aL zu treffen. Durch die kleinen, quadratischen Parzellenformen beeinflusst die Wendezeit maßgeblich die gesamte Bearbeitungszeit. Während die direkte Wende mit mL schneller ausgeführt wurde, führte eine reversierende Wende zu einer langsameren Bearbeitungszeit mit mL. Mit automatischen Wendemanövern könnte die Effizienz von aL auch für kleine Flächen weiter gesteigert werden. Die Wirksamkeit von automatischen Wendemanövern soll in weiteren Versuchen evaluiert werden.

5 Danksagung

Das Projekt wurde im COMET Programm über das K1-Zentrum AlpS ermöglicht und durch die österreichische Forschungsförderungsgesellschaft, das Land Vorarlberg und Steyr Traktoren gefördert. Unterstützt wurden die Versuche durch das Bäuerliche Schul- und Bildungszentrum für Vorarlberg in Hohenems.

Literaturverzeichnis

- [Ho06] Holpp, M.: Parallelfahrssysteme für Traktoren. Technik und Wirtschaftlichkeit. Agroscope Reckenholz-Tänikon ART. 2006.
- [La09] Landerl, G.: Untersuchung zum Nutzen und zu Genauigkeiten von GPS-gestützten Parallelfahrssystemen (Lenkhilfe, Lenkassistent und Lenkautomat) bei Traktoren. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur. Wien. 2009.
- [Ma16] Mauch, M.: Möglichkeiten und Grenzen eines automatischen Lenksystems für den Traktoreinsatz im Grünland. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur. Wien. 2016.
- [No16] Noak, P. O.: Satellitenortungssysteme (GNSS) in der Landwirtschaft. DLG Merkblatt 388. DLG e V. Fachzentrum Landwirtschaft. Frankfurt am Main. 2016.
- [SDP12] Shinnars, T. J.; Digman, M. F.; Panuska, J. C.: Overlap Loss of Manually and Automatically Guided Mowers. Applied Engineering in Agriculture 28(1). 5-8. 2012.

Nutzer- und anwendungsorientierte Konzepte zukünftiger Human-Machine Interfaces für Landmaschinen

Jens Krzywinski¹ und Sebastian Lorenz²

Abstract: Aktuelle, aber noch mehr zukünftige Bedieninterfaces für professionelle Arbeitsmaschinen, erfordern als immer komplexere Informationsumgebungen neben der Anwendungsorientierung eine wesentlich stärkere Nutzerorientierung. Effiziente Bedienung hängt vor allem vom Fahrer, seinen Fähigkeiten und von der Qualität der Interaktion mit dem Interface ab. An der TU Dresden beschäftigen sich eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe am Center for Human Technology Design mit zukünftigen Bedienkonzepten mobiler und stationärer Maschinen. Aktuelle Studienprojekte liefern nun erste Hard- und Softwareprototypen zur Erprobung stark integrierter Interfaces mobiler Arbeitsmaschinen. Das Paper gibt einen ersten Ausblick auf zentrale Veränderungen für Nutzer und Interface bei der Steuerung Cyber-Physischer Systeme.

Keywords: Human Machine-Interface, nutzerzentrierte Entwicklung, Cyber-Physical Systems

1 Einleitung

Die zunehmende Komplexität der Maschinen und Steuerungen werden in computergestützten Bediensystemen und adaptiven Prozesseinstellungen (precision farming) umgesetzt. Die Spreizung und Flexibilisierung der zu überwachenden Systeme und Prozesses verändern dabei die BediENAufgabe hin zu einer stark planerischen und überwachenden Tätigkeit. Dies führt zu einer Erhöhung des kognitiven Anspruches und der Komplexität der BediENAufgaben. Zusätzlich beschleunigen die sich verändernden Randbedingungen bezüglich Demografie (z.B. Fachkräftemangel in der Landwirtschaft) bis Klimawandel (z.B. sich verkürzende Vegetations-/Erntezeiten, zunehmende Wetterextreme) einen Paradigmenwechsel der Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) zum kooperativen Gesamtsystem.

2 Status Quo HMI-Systeme

Aktuelle Bediensysteme sind in der Regel heterogene displaybasierte Systeme, die unterschiedliche Prozesse hauptsächlich auf einer Maschinen- oder Funktionsebene in additiven physischen Bedienumgebungen und Interfaces abbilden. Das vorherrschende Interaktionsparadigma basiert in vielen Bereichen auf Grafischen User Interfaces (GUI).

¹ TU Dresden, Juniorprofessur für Technisches Design, 01062 Dresden, jens.krzywinski@tu-dresden.de

² TU Dresden, Juniorprofessur für Technisches Design, 01062 Dresden, sebastian.lorenz3@tu-dresden.de

Bei deren Gestaltung gilt es zumeist, einen Kompromiss zwischen den prinzipiell darzustellenden

und den, in Abhängigkeit von der Displaygröße, tatsächlich darstellbaren Informationen auszuloten. Durch die Vielzahl an Systemen und Zulieferern fehlt oft ein einheitliches Interaktionskonzept. Die Gestaltung des HMI folgt in vielen Fällen den funktionalen und ergonomischen Verbesserungen der Maschinen. [KN14].

Auf der technologischen Seite beschleunigen schnellere Datenverarbeitungssysteme und bessere und billigere Sensortechnik den Trend der Digitalisierung und Automatisierung. Daneben ermöglichen neue Interaktionstechnologien neue Ansätze bei der Gestaltung der Interaktion mit komplexen Informationsräumen. Problematisch bei einer Implementierung dieser Technologien ist die Passfähigkeit zu herkömmlichen Bedienungsumgebungen, da aufgrund der Entwicklungsanforderung, -zeiten und -kosten nur eine evolutionäre Einführung erfolversprechend scheint. Wie können neue Interaktionstechnologien also genutzt werden, um einerseits die steigende Komplexität der Anwendungen in sichere bedienbare Interfaces umzusetzen und andererseits die Bedienansprüche verschiedenster (z. B. erfahrener und unerfahrener) Anwender langfristig zu erfüllen?

3 Entwicklung nutzerorientierte HMI-Systeme

Intuitive Bedienung und erfahrbare Verbesserungen der Arbeitsergebnisse durch Nutzung neuer Bedienfunktionalitäten sind Schlüsselkriterien für die effiziente Steuerung komplexer Anwendungen wie in der Landwirtschaft. Der bisher fast ausschließlich verfolgte Ansatz funktionaler Technikoptimierung ist für diese Anforderungen unzureichend und sollte durch einen am konkreten Bedienszenario und den individuellen Nutzerbedürfnissen ausgerichteten Ansatz ersetzt werden.

Um Bedienlösungen hinsichtlich ihrer User Experience (UX) zu entwickeln, gilt es neben dem Verständnis der instrumentellen Qualitäten auch subjektiv wahrgenommenen Produkteigenschaften, emotionales Erleben [TH07][HA10][RO11] und die affektiven Reaktionen [SC01][DE07] der Bedienenden zu berücksichtigen. Damit ließe sich u. a. zur Überwindung von Unter- und Überforderung von Maschinenbedienern beitragen. Es bieten sich spezifische Methoden zur Messung von UX-Faktoren an. Diese können durch Selbstberichte (vgl. z. B. [HA10]), physiologische Messungen, Tracking-Systeme oder eine Kombination dieser Ansätze bestimmt werden. So sind z. B. Leitfadeninterviews und standardisierte Fragebögen zur Erfassung der Nutzercharakteristik, der nicht-instrumentellen und instrumentellen Produktqualitäten als auch des Gesamturteils sinnvoll. Dieser Aspekt gewinnt bei der Entwicklung adaptiver und multimodaler Interfaces an Bedeutung. Diese erlauben eine höhere Diversität und Zielgerichtetheit bei der Informationsvermittlung und bieten außerdem die Möglichkeit, haptische, auditive und visuelle Wahrnehmung gleichzeitig anzusprechen und somit die Informationen situationsadäquat und nutzergerecht aufzubereiten. Das Wahrnehmungsspektrum wird breiter genutzt, um Informationen besser entsprechend ihrer Zugehörigkeit, Bedeutung und

Priorität einordnen zu können. Das erfordert ein tiefgreifendes Verständnis der individuellen Anforderungen und Bedürfnisse der Nutzer. Um das Potential adaptiver und multimodaler Interaktion für die Steuerung mobiler Arbeitsmaschinen zu nutzen, müssen übergreifende Konzepte und Prototypen erarbeitet und getestet werden.

4 HMI-Konzepte aus dem universitären Umfeld

Die Juniorprofessur für Technisches Design konzipiert und integriert gemeinsam mit weiteren Forschungspartnern an der TU Dresden derartige Interaktionskonzepte mit detaillierten Anwendungs- und Anwenderanalysen für professionelle Arbeitsumgebungen in wissenschaftlich fundierte Konzepte Cyber-Physischer Systeme. Die drei inzwischen erarbeiteten interaktiven Prototypen überführen antizipierte Entwicklungen im Bereich der Agrarsystemtechnik in On-Board-Kabinearbeitsplätze als auch zu standortunabhängige mobile und externe Leitstände. Das HMI-Konzept für die Steuerung eines Wendemähreschers schlägt die Brücke zwischen herkömmlichen Bedieninterfaces und neuen Anzeige- und Assistenzsystemen. Agieren die Erntefahrzeuge autonom, ändern sich die Steueraufgaben und -szenarien grundlegend. Der Gesamtprozess gewinnt an Bedeutung, während sich die Steuerung der einzelnen Fahrzeuge auf Statusüberwachung und gezielte Interventionen bei Störungen verringert. Das zweite HMI-Konzept nutzt dafür einen zentralen und mobilen Bedienstand zur Überwachung mehrerer Fahrzeuge mit einem 360° umfassenden augmentierten Sichtfeld. Mit einem Tablet (s. Abb.1, links) haben Bedienende auch außerhalb des Leitstandes einen Überblick über den Ernteverband. Das dritte Systemkonzept nutzt großformatige Touch-Displays (s. Abb.1, rechts) für eine Überwachung mehrere Erntesysteme und der jeweiligen Prozesse und Maschinen standortunabhängig.

Für eine bessere Handhabung der komplexen Informationsumgebungen nutzen die Konzepte bedienaufgabenorientierte Dezentralisierungsstrategien bei der räumlichen Anordnung und Ausprägung der unterschiedlicher Ein- und Ausgabekomponenten. Die klassische Bedienarmlehne/Zentralterminal-Konfiguration wird in den unterschiedlichen Ansätzen durch zusätzliche transparente Anzeigeelemente in Werkzeugnähe und am Kabinendach, digitalen Seitenspiegeldisplays, Mobile Devices, Tangibles und Multitouch-Tables ergänzt oder ersetzt. Systemseitig integrierte Ambient-Light-Funktionen und akustisches Feedback erlauben eine weitere Aufteilung des Informationsstromes. Bedienarmlehnen mit konfigurierbaren Elementen und dynamische Layouts der Interfaces bieten auf Basis situations- und nutzersensitiver Priorisierungslogiken ein optimiertes Informationsbild für verschiedene Nutzende und Aufgaben. Aufgabenorientierte Interfacelayouts und interaktive Prozessvisualisierungen (siehe Abb.1) fördern das schnelle Erfassen kritischer Informationen und ein umfassendes Prozessverständnis. Integrierte Simulationsfunktionen prognostizieren die Auswirkungen von Maschineneinstellungen auf die Kenngrößen des Gesamtprozesses. Dies kann dazu beitragen das Systemverständnis vollumfänglich zu verbessern, Entscheidungssicherheiten zu erhöhen und die Fehlerrate zu reduzieren. Die für die Dynamisierung der Bedienumgebungen erforderli-

chen Assistenzsysteme verknüpfen durch gezielte Dialoge den Bediener mit den intelligenten Steuerfunktionen und ermöglichen eine optimierte Auslastung des Bedieners. Die Reduzierung des Informationsflusses durch die dynamischen und assistierten Funktionen schafft Raum für die Überwachung und Steuerung ganzer Ernteverbände. Die durch Cloud-Lösungen vernetzten und plattformübergreifenden Bedienlösungen erhöhen die Standort- und Aufgabenflexibilisierung und Multi-User-Anwendungen.



Abb. 1: Interaktive Prototypen für mobile und stationäre Bedienumgebungen

Der den Konzepten zugrundeliegende ganzheitliche Entwicklungsansatz berücksichtigt neben den systemseitigen und ergonomischen Anforderungen an die Benutzerschnittstelle auch die erlebnisspezifischen Einflüsse. Die systematische Evaluation interaktiver Prototypen der erarbeiteten Konzepte wird in weiteren Projekten auf Basis qualitativer Studien mit erfahrenen Nutzern weitere Erkenntnisse liefern.

Literaturverzeichnis

- [DE07] Desmet, P. M. A.; Hekkert, P. (2007): Framework of Product Experience. In: International Journal of Design 1 (1), S. 57–66.
- [HA10] Hassenzahl, M.; Diefenbach, S.; Göritz, A. (2010): Needs, affect, and interactive products – Facets of user experience. In: Interacting with Computers 22 (5), S. 353–362. DOI: 10.1016/j.intcom.2010.04.002.
- [KN14] Knöfel, Anja; Stelzer, Ralph; Groh, Rainer; Krzywinski, Jens; Herlitzius, Thomas (2014): Nutzerorientierte Interfaces für Landmaschinen, in: VDI Berichte: Konferenzband, Conference: Agricultural Engineering Land.Technik 2014, S. 237-239.
- [RO11] Roto, V.; Law, E. L. C.; Vermeeren, A.; Hoonhout J. (Hrsg.) (2011): User Experience White Paper. Online verfügbar unter: <http://www.allaboutux.org/files/UX-WhitePaper.pdf>; zuletzt geprüft am 25.8.2016.
- [SC01] Scherer, K.R. (2001): Appraisal considered as a process of multi-level sequential checking. In: K.R. Scherer, A. Schorr, T. Johnstone (Hrsg.): Appraisal processes in emotion. Theory Methods, Research. S. 92–120. New York und Oxford: Oxford University Press.
- [TH07] Thüning, M.; Mahlke, S. (2007): Usability, aesthetics and emotions in human-technology interaction. In: International Journal of Psychology 42 (4), S. 253–264.

Hybride Prototypen für agrartechnische Systemkonzepte

Jens Krzywinski¹, Sebastian Lorenz² und Maria Klemm

Abstract: Die Digitalisierung der Landwirtschaft verändert die Funktionsweise und die Steuerung der Prozesse und Maschinen. Neue Systemkonzepte und Bedienlösungen müssen entwickelt und evaluiert werden. Dafür nutzen hybride Prototypen die Vorteile digitaler Erweiterungen um physische Entwicklungsumgebungen flexibler und kostengünstiger zu gestalten. Das Paper behandelt zwei exemplarische Beispiele einer solchen Hybridisierung bei Designmodellen zu agrartechnischen Systemansätzen. Dabei werden Aspekte des erweiterten Produkterlebens ebenso diskutiert wie die Potentiale für eine Implementierung in den Entwurfs- und Entwicklungsprozess.

Keywords: Prototypen, Produkterleben, Funktionsevaluation, Kommunikation

1 Einleitung

Die Verwendung von Prototypen spielt eine zentrale Rolle bei der Erarbeitung und Kommunikation neuer Lösungskonzepte [CA16]. Besonders im Bereich des Produkt- oder Industriedesigns haben physische Prototypen eine lange Tradition. Sie ermöglichen eine gute Bewertbarkeit des Gesamtproduktes hinsichtlich seiner Proportionen, ästhetischen Ausprägungen und Teilaspekte des Funktionsspektrums. Der Umfang dieser Bewertbarkeit ist jedoch in der Regel mit einem vergleichsweise hohen Herstellungsaufwand verbunden. Hochiterative, komplexe und dabei stark beschleunigte Design- und Entwicklungsprozesse erfordern hingegen veränderbare, leicht und schnell herzustellende Modelle mit variablem Funktionsumfang. Aufgrund der umfassenden Verwendung digitaler Entwurfswerkzeuge, zumeist umfangreicher CAD-Umgebungen, machen aktuell rein digitale (nichtstoffliche) Prototypen den Großteil der Modelle aus [BO11]. Diese lassen sich schnell verändern und in beliebigen Szenarien betrachten. Sie sind jedoch in der Regel auf eine spezifische Fragestellung optimiert. Mittlerweile erlauben Projektionen, Datenbrillen und Tracking-Systeme eine fast realistische Navigation in digitalen Räumen [BA02] [FR04] und können darüber hinaus eine wesentlich höhere Flexibilität und Interaktivität bereitstellen.

2 Hybride Prototypen

Hybride Prototypen nutzen die Überlagerung physischer (stofflicher) und digitaler (nichtstofflicher) Ausprägungen um die Vorteile von physischen Prototypen hinsichtlich

¹ TU Dresden, Juniorprofessur für Technisches Design, 01062 Dresden, jens.krzywinski@tu-dresden.de

² TU Dresden, Juniorprofessur für Technisches Design, 01062 Dresden, sebastian.lorenz3@tu-dresden.de

Erfahrbarkeit, Bewertung und Haptik mit denen von Digitalen bei Flexibilität Interaktivität und Funktionsabbildung zusammenbringen. Dabei ergibt sich mit dem Stand der Technik in Fertigungsverfahren, Visualisierungs- und Interaktionstechnologien eine Vielzahl interessanter Ausprägungen hybrider Prototypen [MÜ16]. Mit mobilen und verbauten Displays oder Projektoren lassen sich statische Bildern und interaktive Animationen auf der Oberfläche oder in der Umgebung physischer Modelle darstellen. Dies ermöglicht die Kontextuierung der Prototypen durch unterschiedliche Settings und Anwendungsszenarien, was ein besseres Verständnis der Inhalte fördern kann [TV02]. Die uns heute zur Verfügung stehenden Tracking-Technologien (Kinect, LeapMotion) erlauben eine direkte Interaktion mit den digitalen Elementen [PE15]. Augmented Reality Frameworks, die mittlerweile sehr einfach in der Handhabung sind, ermöglichen ebenfalls eine digitale Erweiterung realer Objekte um digitale Elemente wie Grafiken, 3D-Modelle und Virtual-Reality-Umgebungen [MI15]. Mit hybriden Prototypen lassen sich so bereits in frühen Phasen der Konzeption oder der Entwicklung komplexe Sachverhalte dynamisch und interaktiv erlebbar darstellen und evaluieren. Das Mapping von Grafiken und Animationen auf Objekte, AR-Applikationen und Tangible-basierte Interaktionsformen sind dabei für uns besonders interessant. Diese bieten eine gute Skalierungsfähigkeit und sind damit für iterative Prozesse und die sich im Laufe des Designprozesses verändernden Anforderungen und Aufgaben geeignet.

3 Aktuelle Projekte

Um Erfahrungen mit der Hybridisierung physischer Entwurfsmodelle zu sammeln und verschiedene Kombinationen aus physischem Objekt und digitaler Erweiterung auf ihre Tauglichkeit zur Verwendung im Designprozess zu untersuchen, wurden für zwei Systemkonzepte landwirtschaftlicher Erntemaschinen hybride Prototypen erarbeitet.

Der Entwurf des Wendemähdreschers (Abb.1, links) behandelt einen grundlegenden Systemansatz bei der Logistik von Mähdreschern. Mit einem klappbaren Schneidwerk und zwei Kabinen kann das Erntefahrzeug in zwei Betriebsrichtungen bedient werden. Dieser, für das Verständnis der Funktionsweise dieses Systemkonzeptes, zentrale Sachverhalt lässt sich mit einem rein physischen Volumenmodell des Entwurfes nur schwer veranschaulichen. Der entwickelte hybride Prototyp macht dieses Feature durch eine dynamische Szenariodarstellung rund um das physische Fahrzeugmodell erfahrbar. Dabei nutzt der Prototyp eine Rückprojektion auf die Bodenplatte, auf der das Modell steht. Gekoppelt an die Position des Schneidwerks schaltet die Visualisierung zwischen den Modi "Straßenfahrt" und "Ernte auf dem Feld" um. Diese Modi zeigen ein sich unter dem Fahrzeug bewegendes Umfeld, das so den Eindruck einer Bewegung des Fahrzeuges erzeugt und damit dessen situationsspezifische Arbeitsrichtung demonstriert. Im Beispielhaften Kontext eines Messedemonstrators profitieren das erweiterte physische Modell und dessen Verständlichkeit von der dynamischen Visualisierung der Arbeitsrichtungen. Die interaktive Komponente ist geeignet, eine intensivere Auseinandersetzung mit dem Objekt anzustoßen.

Eine zweiter Prototyp nutzt das AR-Framework Vuforia um ein physisches Basismodell eines Obsternteroboters digital um verschiedene Aufbauten und Einsatzszenarios zu ergänzen (Abb.1, rechts). Die Vielfalt an Werkzeugen und Einsatzzwecken dieses Maschinenkonzeptes mit rein physischen Prototypen darzustellen, wäre mit einem hohen Kosten- und Zeitaufwand verbunden. Mit der AR-Applikation hat der Betrachter die Möglichkeit sich während des Betrachtens des Objektes und aus jedem Blickwinkel verschiedene Werkzeuge auf dem Fahrzeug einzublenden. Als Ausgabemedium verwendet der entwickelte Prototyp ein Tablet, das für die augmentierte Darstellung den Kamerastream mit den in Perspektive und Beleuchtung auf das reale Objekt angepasste digitale Modell überlagert. Mit Buttons für unterschiedliche Funktionen und Umgebungsszenarien kann der Nutzer jederzeit die digitalen Zusatzinformationen ändern. Dieses beispiel demonstriert den Nutzen der digitalen Erweiterung bei einer hohen Variantenvielfalt. Diese muss nicht zwangsläufig Teil des fertigen Systems sein. Auch die Entwicklungsprozesse selbst sind zum Teil durch iterative und variantenreiche Phasen gekennzeichnet und können von der Verwendung hybrider Prototypen profitieren.



Abb.1: Hybride Prototypen für das agrartechnische Systemkonzepte „Wendemähdrescher“ und „Obsternteroboter“

4 Diskussion und Ausblick

Die bisherigen Projekte legen nahe, dass hybride Prototypen ein umfassenderes Erleben der Entwürfe erlauben. Der verstärkte Objektbezug bei statischen Visualisierungen und die vergrößerte Informationsbandbreite durch dynamische und interaktive digitale Aspekte, unterstützen die Immersion und machen den Informationsaustausch effektiver. Die Simulation von Funktionen in einer digitalen Anwendungsumgebung erlaubt die Kontextualisierung der Entwürfe und macht die Grenze des technologisch Realisierbaren überschreitbar. Der reduzierte Erstellungsaufwand, kurze Vorbereitungszeiten und die Nutzung der digitalen Variationsmöglichkeiten qualifizieren das hybride System für iterative Entwurfsprozesse.

Die Umsetzung der digitalen Anreicherung hat gezeigt welche Aufwände, Ressourcen und welches Know-How für die Umsetzung erforderlich sind. Anhand der Ergebnisse kann eine Evaluation hinsichtlich der Qualität und der Verständlichkeit der bereitgestellten Informationen im Vergleich zu herkömmlichen Modellen getroffen werden. Als Vorteile sehen wir die Möglichkeiten komplexe Interaktions- und Informationsräume anwendungs- und nutzerorientiert abbilden zu können. Der reduzierte Aufwand zur Erzeugung der Testumgebung und des notwendigen Datenstandes, bei einer vergleichsweise hohen Realitätsnähe, sprechen für hybride Prototypen. Damit könnten anwendungs-basierte Tests früh im Entwicklungsprozess erhoben werden und Informationen zur Usability und User Experience liefern. Das ist zum Beispiel besonders relevant für größere Entwicklungsschritte bei hochgradig erfahrungsgeprägten Bedienungsaufgaben und -umgebungen mobiler Arbeitsmaschinen im Agrarbereich.

Literaturverzeichnis

- [BA02] Bao, J.S., Jin, Y., Gu, M. Q., Yan, J.Q., Ma, D.Z. 2002: Immersive Virtual Product Development. *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 129, pp. 592-596. Elsevier, Amsterdam, New York.
- [BO11] Bordegoni, M.; Ferrise, F.; Lizaranzu, J. 2011: Use of Interactive Virtual Prototypes to Define Product Design Specifications: A Pilot Study on Consumer Products. In: *Proc. ISVRI 2011*, pp. 11-18. IEEE, New York.
- [CA16] Camere S., Bordegoni M. 2016: A Lens on future products: an expanded notion of prototyping practice. *International Design conference – design 2016*, Dubrovnik.
- [FR04] Frund, J., Gausemeier, J., Matysczok, C., Radkowski, R. 2004: Cooperative Design Support within Automobile Advance Development using Augmented Reality Technology. In: *Proc. CSCW 2004*, vol. 2, pp. 492-497. ACM, New York.
- [MÜ16] Müller, M.; Günther, T. et al. 2016: Smart Prototyping – Improving the Evaluation of Design Concepts using Virtual Reality. *HCI international 2016*, Toronto.
- [MI15] Mine, M., Yoganandan, A. et al. 2015: Principles, interactions and devices for real-world immersive modeling. In: *Computers & Graphics Bd. 48*, S. 84-98.
- [PE15] Pereira, A., Wachs, J. et al. 2015: A User-Developed 3-D Hand gesture Set for Human-Computer Interaction, *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, Bd. 57, Nr. 4, S. 607-621.
- [TV02] Tversky, B., Morrison, J. B., Betrancourt, M. 2002: Animation: can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studie*, vol. 57(4), pp. 247-262. Elsevier, New York.

Determinants of Smallholder Farmers' Intention to Use Smartphones - Evidence from Rural India

Dirk Landmann¹, Carl Johan Lagerkvist² and Verena Otter³

Abstract: The introduction of smartphones in developing countries' agriculture has been targeted by different projects of NGOs and governmental institutions mostly without respecting social norms, attitude, self-control and anticipated emotions. Based on the theory of planned behaviour primary survey data from 647 farmers was collected in the Bihar region in India. The data analysis was conducted by using factor analysis and linear regression models. The results show that the factors social norms, attitude, self-control as well as positive and negative anticipated emotions have positive influences on the intention to use a smartphone for agricultural purposes. Thereby, negative anticipated emotions related to failure do not overwhelm the other factors. These results provide interesting implications for NGOs, politicians and ICT service providers.

Keywords: Smartphones, Theory-of-Planned-Behaviour, developing countries, emotions

1 Introduction

While smartphones are widely spread in agriculture in developed countries, small-scale farmers in less developed regions are still hardly affected by the digital divide. India, as the second largest country regarding the population, represents such a region in the world. Today around 1,326 billion people live in India representing 18% of the world population. Especially in Bihar in East India, 34 % of the population lives below the poverty line making this region the fifth poorest in India. In such regions smartphones can particularly bear the potential for the development of capacities, access to information, access to extension service, better market links and distribution networks as well as access to financial resources. In return, this may generate higher income for farmers, lower costs for suppliers, improved traceability and product quality for buyers as well as new opportunities for financial institutions [TA14; Qi12]. However, currently ICT devices and applications are mostly developed and introduced without respecting rural circumstances in developing countries such as farmer's attitudes, norms, self-control as well as emotions which in return influence the intention to use a smartphone. Thus limit the success of such projects. This study aims to close this gap by analysing the drivers of

¹ Georg-August-University Göttingen, Department of Agricultural Economics and Rural Development, RTG 1666-GlobalFood, Heinrich-Düker-Weg 12, 37073 Göttingen, dlandma@gwdg.de

² Swedish University of Agricultural Science, Department of Economics, Box 7013, 75007 Uppsala, carl-johan.lagerkvist@slu.se

³ Georg-August-University Göttingen, Department of Agricultural Economics and Rural Development, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, verena.otter@agr.uni-goettingen.de

the intention to use a smartphone for agricultural purposes in remote areas of developing countries based on the Theory of Planned Behaviour (TPB).

2 Materials and Methods

Ajzen proposed the TPB using attitude, subjective norm and perceived behavioural control to understand human intention. Intention reflects the readiness of someone to perform in a certain way and also makes it possible to predict individual's behaviour. TPB has also been used in earlier studies for predicting IT-acceptance [Ch12]. Perugini et al. 2001 also included anticipated emotions into the TPB. Therefore, we decided to use the TPB including anticipated emotions as well as certain demographic data of the agricultural sector as the basis for the questionnaire design regarding the quantitative measurement of ICT usage and its determinants in developing countries (see also figure 1: regression model) [PB01]. Primary survey data was collected in Bihar between March and June 2016. Bihar was chosen because it is one of the poorest and less developed regions worldwide characterized by a high population density and growth, where 77% of the population is employed in the agricultural sector. However, only 25% of the Biharian GDP is generated through agriculture. The NGOs PRAN (Preservation and proliferation of rural resources and nature) and FnF (Farms & Farmers) were selected based on regions they are working in and the type of work they are doing. In total 647 farmers living in 25 villages located in three different districts from rural Bihar (Gaya, Nalanda and Vaishali) were chosen randomly for the interviews. In half of the villages NGOs are active and in the other half they are not.

3 Analysis and results

The sample (N=647) consists of 435 (67%) male and 212 (33%) female farmers with an average age of 43 years. 399 farmers (62%) own a mobile phone and 77 (12%) a smartphone. 154 (24%) of the non-smartphone-owners have access to a smartphone. The farmers are cultivating 1.5 acres (0.6 ha) on average. Only 15% (94 respondents out of 645) of the sample own a smartphone, which does not necessarily mean that they use the smartphone to gain agricultural knowledge. Nevertheless, it can certainly be expected that also small-scale farmers will have increasing access to smartphones and services related to agricultural information in the near future.

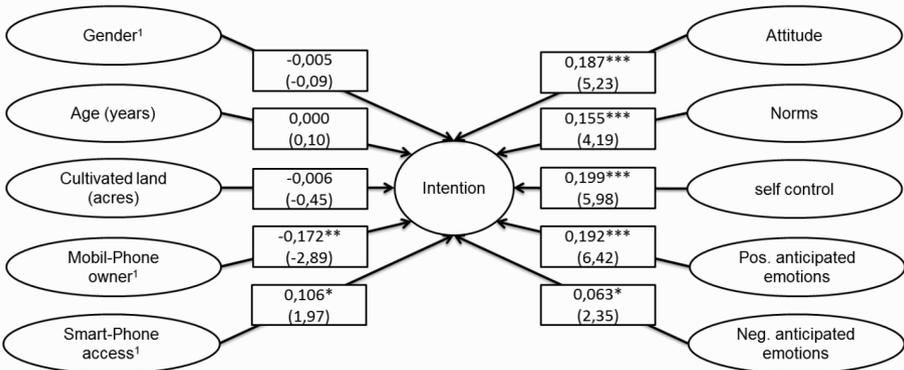
The analysis was conducted in two steps: First, factor analysis and second an OLS-regression model based on the framework described in chapter 2. The factors of attitude, norms, self-control, positive emotions, negative emotions and intention are calculated from Likert scale statements with a scale from 1= totally disagree up to 5= totally agree.

The factors attitude, norms, self-control, positive anticipated emotions and negative anticipated emotions contain six or seven statements each such as the following examp-

les: “The use of the smartphone as a learning tool excites me. “ or: “My own decisions and actions are decisive whether I will use a smartphone.”. The Eigenvalues of all factors are greater than one. The KMO value of each factor is greater than 0.75 except the factor intention where it is 0.5. Cronbach’s-Alpha is always greater than 0.682. The p-value of the Bartlett test of sphericity shows a value of 0.000 for each factor.

The regression shows that demographical determinants such as gender, age and cultivated land do not have a significant influence on the intention to use smartphones for obtaining agricultural knowledge. Owning a mobile phone has a negative significant influence on the intention to use smartphones for gaining agricultural knowledge, whereas access to a smartphone has a positive significant influence on gaining agricultural knowledge. The factors norms, attitude, self-control, positive anticipated emotions as wells as negative anticipated emotions have a positive significant influence on the intention to use smartphones for gaining agricultural knowledge.

However, we see that positive emotions (b-value of 0.192) related to successful smartphone usage have a stronger influence than negative emotions (b-value of 0.063) related to a failure of smartphone usage.



t statistics in parentheses; n= 645; R²= 0.432; * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001; ¹ Dummy Variable: 0=No/ Female, 1=Yes/ Male; dependent variable: Intention to use a smartphone for the generation of agricultural knowledge

Fig. 1: Regression

4 Discussion and Conclusion

Overall the results of this study give important evidence with regard to the drivers of the intention to use a smartphone for agricultural purposes in remote areas of developing countries. Even though descriptive statistics indicate increasing affordability of mobile- and smartphones also for smallholders in such regions, the regression results show that

owning a mobile phone has a negative influence on the intention to use a smartphone for agricultural purposes seems to be contrary to the fact that access to smartphones has a positive influence on the intention. This could be explained by the underestimation of the possibilities to improve agricultural production and information access as well as by the lack of experience in handling a smartphone. Another option could be that farmers do not think that they will get a smartphone in the near future so they also don't have the intention to use it for agricultural purposes. Furthermore, the regression model proves the influence of norms, attitude, self-control and emotions on the intention to use smartphones, however, to different extends. The influence of emotional expectation gives evidence that negative anticipated emotions would not overwhelm the positive influences of norms, attitude, self-control or positive emotions even if the farmers fail with increasing their agricultural knowledge with the use of a smartphone for agricultural purposes. Thus, farmers who fail with its usage still would prefer to use a smartphone due to their high expectations, social pressure and norms and ambitiousness to overcome the failure and to improve agricultural practises by using smartphones. In this regard our results confirm those of earlier studies on other countries and cases and, thus, the general usefulness of the TPB in this context.

The key-finding that the implementation of ICT is not only related to technical issues, but also to behavioural influences, lead to recommendations addressing NGOs, governmental offices as well as ICT service providers to understand the regional conditions. Concretely, regional conditions and behavioural inhibitions of the intention to use a smartphone need to be taken into account more intensively during farmer trainings in order to improve the implementation of smartphone usage for agricultural purposes in remote areas of developing countries. Further research should include aspects of smartphone-availability and –affordability, as well as consequential costs resulting from the investment into this innovation.

References

- [Ch12] Cheon, J.; Lee, S.; Crooks, S. M. ; Song, J.: An investigation of mobile learning readiness in higher education based on the theory of planned behavior. *Computers and Education* Volume 59, Nr. 3, pp.1054–1064; 2012
- [PB01] Perugini, M.; Bagozzi, R. P.: The role of desires and anticipated emotions in goal-directed behaviours: Broadening and deepening the theory of planned behaviour. *British Journal of Social Psychology* Volume 40, Issue 1; pp. 79–98, 2001.
- [Qi12] Qiang, C. Z.; Kuek, S. C.; Dymond, A.; Esselaar, S.: *Mobile Applications for Agriculture and Rural Development*, World Bank, Washington DC, 2012
- [TA14] Tack, J.; Aker, J. C.: Information, Mobile Telephony, and Traders' Search Behavior in Niger. *American Journal of Agricultural Economics* Volume 96, Issues 5, pp. 1439–1454, 2014.

Navigations- und N-Sensor gestützte Anwendungen in der Landwirtschaft – eine Rentabilitätsanalyse

Josef Langenberg¹, Franz Bernhard Nordhaus¹ und Ludwig Theuvsen¹

Abstract: Die Bedeutung von Precision Farming hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Bedingt durch mögliche Einsparungen landwirtschaftlicher Produktionsfaktoren und weitere Vorteile, wie die Entlastung des Schlepperfahrers, werden Navigations- und N-Sensor-Systeme in der Landwirtschaft zunehmend, jedoch bei weitem noch nicht von allen Betrieben eingesetzt. Als ein Grund für die Zurückhaltung vieler Betriebe wird die kapitalintensive Investition in die Technik angesehen. In der vorliegenden Analyse wird mittels Kapitalwertberechnung untersucht, ob das Einsparpotential des Precision Farming ausreicht, damit die Investition unter Rentabilitäts Gesichtspunkten für einen beispielhaft betrachteten Ackerbaubetrieb durchführungswürdig ist. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die Investition in Navigations- als auch in N-Sensor-Technik einen negativen Kapitalwert aufweist und eine Rentabilität somit nicht gegeben ist.

Keywords: Precision Farming, Global Positioning System (GPS), Stickstoff-Sensor

1 Einleitung

Aufgrund des wachsenden Bedarfs an Lebensmitteln war der landwirtschaftliche Ackerbau in Deutschland lange Zeit vorrangig durch einen Produktivitätszuwachs in Bezug auf den begrenzt verfügbaren und zunehmend knapper werdenden Faktor Fläche geprägt [He15]. Im Laufe der Zeit sind aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen jedoch neben der Fläche weitere ackerbauliche Produktionsfaktoren wie Kraftstoff, Saatgut, Dünge- und Pflanzenschutzmittel sowie der Maschinen- und Arbeitseinsatz weiter in den Fokus gerückt. Positionsbestimmungssysteme wie das Global Positioning System (GPS) und Stickstoff-Sensoren können diesbezüglich dazu beitragen, den Output pro Inpoteinheit zu steigern, da die landwirtschaftliche Nutzfläche mittels dieser Technik präzise und ortsdifferenziert bewirtschaftet werden kann. Durch den Einsatz dieser als Precision Farming bzw. Präzisionsackerbau bekannten Technologie lassen sich zum einen Überschneidungen bei der Feldbewirtschaftung und damit einhergehende ineffiziente Doppelapplikationen von Betriebsmitteln vermeiden; zum anderen kann die Anwendung der Produktionsfaktoren in Abhängigkeit von der Pflanzenentwicklung und dem Ertragspotential des Bodens punktgenau und bedarfsorientiert erfolgen [No16]. Trotz der Vorteile, die durch den effizienteren Einsatz von Betriebsmitteln entstehen, verzichten die meisten landwirtschaftlichen Betriebe noch immer auf die Anwendung von Precision Farming. Als eine mögliche Ursache dafür werden mitunter die kapitalintensiven Investitionen in Navigations- und Sensortechnik gesehen, die für das Verfahren notwendig sind. Ziel

¹ Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, BWL des Agribusiness, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, josef.langenberg@agr.uni-goettingen.de

dieser Analyse ist es vor dem beschriebenen Hintergrund zu berechnen, ob sich die Anschaffung der erforderlichen technischen Ausstattung zur Implementierung von Precision Farming für einen Beispielbetrieb als rentabel erweist.

2 Datengrundlage und Methodik

Der beispielhaft betrachtete Ackerbaubetrieb liegt in Nordrhein-Westfalen und bewirtschaftet 118 ha landwirtschaftliche Nutzfläche mit der Fruchtfolge Wintergerste - Wintertraps - Winterweizen - Winterweizen. Die Ackerfläche verteilt sich auf 14 Einzelschläge, die sich hinsichtlich ihrer Flächengröße sowie ihrer Flächenform zum Teil deutlich voneinander unterscheiden. Da das Einsparpotential der Produktionsfaktoren durch Precision Farming sowohl von der Flächengröße als auch der Flächenform abhängt, werden drei Ackerschläge des Betriebes hinsichtlich der möglichen Faktoreinsparung untersucht und die Ergebnisse anschließend auf die Gesamtfläche hochgerechnet. Von den betrachteten Flurstücken umfasst das erste eine Flächengröße von 7,57 ha und weist annähernd die Form eines Trapezes auf, das zweite Flurstück misst 10,14 ha und ist dreieckig mit zwei leicht gebogenen Schenkeln sowie einer innenliegenden Gehölzinsel und das dritte Flurstück ist nahezu rechteckig mit einer Fläche von 6,23 ha.

2.1 Navigations- und Stickstoff-Sensortechnik

Zur Nutzung der Navigationstechnik sind Investitionen in den GPS-Empfänger, das Bedienterminal inklusive Software und die Lenkeinheit sowie in die Aktivierung und Montage des Systems zu berücksichtigen. Weiterhin fallen jährliche Gebühren für die Nutzung des Real Time Kinematic (RTK)-Signals an. Das RTK-Signal entsteht in einer Referenzstation, die das GPS-Signal empfängt, mit der eigenen Position abgleicht und das dadurch ermittelte Korrektursignal an den Schlepper sendet. Daraus resultiert eine Spurnauigkeit von ca. 2 bis 2,5 cm, womit die Überschneidungen der Arbeitsmaschinen bei der Feldbewirtschaftung im Vergleich zur manuellen Steuerung um durchschnittlich 10 cm abnehmen. Das Einsparpotential von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln durch die GPS-bedingte automatische Teilbreitenschaltung ist abhängig von der Form der Fläche sowie den damit einhergehenden Ausläufern und kann zwischen 4 und 8% betragen [JD16]. Zur präzisen Düngeapplikation wird die Investition für einen sogenannten N-Sensor angenommen. Der N-Sensor misst nicht direkt den Stickstoffbedarf der Pflanzen, sondern analysiert das durch die Pflanzen reflektierte Wellenspektrum. Abhängig vom Chlorophyllgehalt, der wiederum Rückschlüsse auf den Zustand der Stickstoffversorgung zulässt, reflektieren bzw. absorbieren die Ackerpflanzen bestimmte elektromagnetische Wellen, die vom N-Sensor entsprechend umgerechnet werden. Je nach Versorgungszustand steuert der N-Sensor mithilfe des GPS automatisch punktgenau und bedarfsorientiert die Ausbringmenge des Stickstoffdüngers. Dadurch können gegenüber der großflächigen, einheitlichen Düngung Ertragssteigerungen von 2,2%

erreicht werden bei gleichzeitig um 2,5% reduzierter Ausbringungsmenge des Stickstoffdüngers [PP06].

2.2 Methodische Vorgehensweise

Die Rentabilität der Investitionen in die Navigations- und die N-Sensortechnik für den Beispielbetrieb werden mittels der Kapitalwertmethode berechnet. Der Kapitalwert ergibt sich aus der Anschaffungsauszahlung (a_0) und der Summe der abdiskontierten Einzahlungsüberschüsse ($e_t - a_t$) der jeweiligen Periode und wird wie folgt berechnet:

$$KW = -a_0 + \sum_{t=1}^N (e_t - a_t) \cdot q^{-t}$$

Hierbei gibt N die Nutzungsdauer der Investition an und q^{-1} den Diskontierungsfaktor, der $1 +$ dem Kalkulationszinsfuß entspricht. Liegt das Ergebnis der Kapitalwertberechnung oberhalb von Null, sollte die analysierte Investitionsmöglichkeit unter Rentabilitäts Gesichtspunkten durchgeführt werden; liegt das Ergebnis jedoch im negativen Bereich, sollte die Investition unterlassen werden [MH16].

3 Ergebnisse

Die Anschaffungskosten für die unter 2.1 beschriebene Navigationstechnik betragen 17.671 €. Die Nutzungsdauer wird auf zehn Jahre angesetzt mit einem anschließenden Restwert der Investition von 2.000 €. Für die Diskontierung wird ein Kalkulationszinsfuß von 2% angenommen. Die jährlichen Auszahlungen liegen aufgrund der Gebühren für das RTK-Signal konstant bei 650 €. Die Einzahlungen ergeben sich aus dem Einsparpotential der Navigationstechnik und liegen je nach Jahr zwischen 1.822 und 1.943 €; für das Jahr $t = 10$ kommen die 2.000 € Restwert hinzu. Die Beträge ergeben sich aus der verminderten Überlappung bei der Bodenbearbeitung und der Aussaat durch das automatische Lenksystem und den damit verbundenen geringeren Arbeiterledigungskosten sowie der Einsparung von Saatgut, Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Die geringeren Kosten basieren auf der weniger zu bearbeitenden Fläche multipliziert mit den Durchschnittssätzen des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) für die durchgeführten Bearbeitungsverfahren. Die unterschiedlichen jährlichen Einzahlungen ergeben sich aufgrund der in Kapitel 2 genannten Fruchtfolge. In Abhängigkeit von der angebauten Frucht werden verschiedene Maßnahmen hinsichtlich der Bodenbearbeitung und der Applikation von Dünge- sowie Pflanzenschutzmitteln fällig. Für die Berechnungen beginnt die Fruchtfolge der ersten der drei Beispielflächen mit Wintergerste, die Fruchtfolge der zweiten Fläche beginnt mit Wintererbsen und die der dritten Fläche mit Winterweizen. Abschließend ergibt sich unter Berücksichtigung aller Ein- und Auszahlungen ein Kapitalwert der Investition in die Navigationstechnik von 3.889 €.

Die Anschaffungsauszahlungen für den N-Sensor betragen 26.650 ; der Restwert nach 10 Jahren wird mit 2.500 angenommen. Der Kalkulationszinsfuß wird wiederum mit 2% angesetzt. Die jährlichen Auszahlungen für Service, Pflege und Hardwarecheck des Sensors betragen 1.850 . Die Einzahlungen resultieren aus dem um 2,2% höheren Ertrag im Vergleich zu den Durchschnittserträgen der Vorjahre sowie den um 2,5% geringeren Kosten für Stickstoffdünger ermittelt. Insgesamt belaufen sich die jährlichen Einzahlungen unter den bereits oben erläuterten Annahmen bezüglich der Fruchtfolge auf Werte zwischen 3.080 und 3.412 . Auf Grundlage dieser Werte ergibt sich für diese Investitionsalternative ein Kapitalwert von -10.803 .

4 Diskussion und Fazit

Die Berechnungen haben gezeigt, dass für den betrachteten Beispielbetrieb die Investitionen in Navigations- und N-Sensortechnik unter Rentabilitäts Gesichtspunkten aufgrund negativer Kapitalwerte nicht durchführungswürdig sind. Das größte Einsparpotential bei Nutzung der Navigationstechnik ist bei Dünge- und Pflanzenschutzmitteln zu verzeichnen, das auch ohne die Genauigkeit des RTK-Signals realisierbar ist. Durch den Verzicht der Nutzung des RTK-Signals würden die jährlichen Gebühren von 650 entfallen, so dass ggfs. ein positiver Kapitalwert erzielbar wäre. Anders stellt sich die Situation beim N-Sensor dar. Seine Nutzung unterliegt gewissen Einsatzrestriktionen, da er aufgrund seiner Arbeitsweise nur bei sehr guten Lichtverhältnissen eingesetzt werden kann; zudem muss er exakt kalibriert sein, da er den Versorgungszustand der Pflanzen nur indirekt ermittelt. Kann der Sensor häufiger nicht eingesetzt werden oder stimmen die Parameter nicht, verschlechtert sich der ökonomische Nutzen weiter. In weiteren Analysen könnte ermittelt werden, inwieweit sich Änderungen der Parameter, z.B. der bewirtschafteten Fläche, der Nutzungsdauer, der Kosten, der realisierbaren Einsparungen oder der Ertragssteigerungen, auf die Rentabilität der Investitionen auswirken.

Literaturverzeichnis

- [He15] Hemmerling, U.; Pascher, P.; Naß, S.; König, A.; Gaebel, C.: Trends und Fakten zur Landwirtschaft. Deutscher Bauernverband, 2015.
- [JD16] John Deere: Agrarmanagement-Systemlösungen (AMS) - Lenksysteme, Telematiklösungen und Dokumentationssysteme, 2016.
- [MH16] Mußhoff, O.; Hirschauer, N.: Modernes Agrarmanagement. 4. Auflage, Verlag C. H. Beck, München, 2016.
- [No16] Noack, P. O.: Satellitenortungssysteme (GNSS) in der Landwirtschaft. DLG-Merkblatt 388, 2016.
- [PP06] Ponitka, J.; Pöbneck, J.: Untersuchungen zur Teilflächenbewirtschaftung. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2006.

Agraringenieure in der Softwareentwicklung? Fachexpertise gefragt!

Florian Langenbuch¹, Magdalena Dotzler², Sebastian A. Pauli¹, Wolfgang Angermair¹
und Heinz Bernhardt²

Abstract: Die Entwicklung von Digital Farming-Anwendungen erfordert fundierte Kenntnisse in der Agrardomäne, eine sehr hohe IT-Affinität sowie Kommunikationsbereitschaft in agil handelnden Teams. Eine Analyse aller Bachelorstudiengänge der Agrarwissenschaften in Deutschland soll zeigen, ob die Absolventen den Anforderungen des Berufsfelds "Entwicklung" gewachsen sind.

Keywords: FMIS, MICS, Agrarwissenschaften, Entwicklung

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Integration von modernen Farm Management Informationssystemen (FMIS) und Mobile Implement Control Systems (MICS) auf landwirtschaftlichen Betrieben nimmt stetig zu. Zur Entwicklung dieser Digital Farming-Anwendungen werden fundierte Kenntnisse im Bereich der landwirtschaftlichen und pflanzenbaulichen Praxis benötigt. Neben den betriebsinternen Abläufen spielen eine sehr hohe IT-Affinität und Abstraktionsvermögen sowie Teamfähigkeiten und Präsentationstechniken als Soft Skills für den Agrarwissenschaftler in der Konzeption eine wichtige Rolle. Der Konzeptionist muss einerseits Fachwissen in definierter Sprache für die Entwicklung aufbereiten und andererseits Fachkonzepte einem Anwender verständlich näherbringen können. In der vorliegenden Arbeit sollen die konzeptionellen Fertigkeiten eines Absolventen der Agrarwissenschaften analysiert werden. Des Weiteren soll dargestellt werden, welche Kernkompetenzen noch erworben werden müssen, um unkompliziert in den Berufsalltag als Konzeptionist in der Entwicklung im Landtechnikbereich zu starten.

2 Material und Methoden

2.1 Stellenbeschreibungen von Agrarsoftwareherstellern

Neun Stellenbeschreibungen wurden zur Extraktion von Anforderungsparametern an einen Agrarwissenschaftler herangezogen. Bei der Bewertung der Anforderungsparameter wurden die Bereiche fachliche Qualifikation, IT-Affinität als auch Soft Skills

¹ FarmFacts GmbH, Rennbahnstraße 7, D-84347 Pfarrkirchen, Florian.Langenbuch@farmfacts.de

² TUM, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, D-85354 Freising, magdalena.dotzler@online.de

untersucht. Anhand eines Punktesystems wurden dabei die einzelnen Stellenbeschreibungen bewertet; keine Punkte (P) erhielten die Parameter bei nicht erforderlichen Kenntnissen, einen für Grundkenntnisse und zwei bei tiefreichend benötigten Wissens.

2.2 Studieninhalte der Bachelorstudiengänge Landwirtschaft bzw. Agrarwissenschaften an Hochschulen und Universitäten in Deutschland

Für die Analyse wurden alle deutschen Bachelorstudiengänge der Studienrichtungen „Agrarwissenschaften“ und „Agrarwirtschaft“ herangezogen. Die Bewertungskategorien bestehen aus den Schwerpunkten fachliche Qualifikationen, IT-Affinität und Soft-Skills. Die fachlichen Qualifikationen untergliedern sich in die Bereiche Pflanzenbau, Tierhaltung, Landtechnik, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sowie Grundlagenmodule. IT-Affinität umfasst dabei die Schwerpunkte Prozess-Modellierung, IT-Module und Big Data. Des Weiteren fand eine Einteilung der Soft Skills in die Bereiche Kommunikation & Präsentation und Projektarbeiten statt. Die Module der einzelnen Studiengänge wurden aus den Angaben der Modulkataloge bzw. Prüfungsordnungen der Universitäten und Hochschulen gewonnen und den entsprechenden Kategorien zugeordnet. Anschließend wurde je Studiengang für die einzelnen Kategorien und Schwerpunkte eine Summe über die Zahl der Module gebildet. Bei den Modulkatalogen bzw. Prüfungsordnungen wurden ausschließlich Pflicht- und Wahlpflichtfächer herangezogen. Die Analyse der Stellenbeschreibungen wurde den Bewertungen der Studieninhalte in Kapitel 3 gegenübergestellt.

3 Ergebnisse

3.1 Analyse der Anforderungen der Agrarsoftwarehersteller aufgrund von Stellenbeschreibungen

Die Analyse der Stellenbeschreibungen [NN 16] lieferte folgende Resultate: Grundlegende agrarspezifische Kenntnisse (10 P), IT-Affinität (11 P) und Teamfähigkeit (16 P) beschreiben das Anforderungsprofil eines Agrarwissenschaftlers in der Entwicklung von Digital Farming-Anwendungen. Dabei liegt der Schwerpunkt der geforderten Qualifikationen auf den branchenspezifischen IT-Kenntnissen, hierbei besonders auf dem Abstraktionsvermögen als Bestandteil der Prozessmodellierung (14 P) sowie auf elementaren Fähigkeiten im Umgang mit Office Anwendungen. Pflanzen- und Tierwissenschaften wurden mit je 8 P bewertet. Der Fachbereich Landtechnik mit 9 P.

3.2 Analyse aller agrarwissenschaftlicher Bachelorstudiengänge an Hochschulen und Universitäten

Derzeit werden in Deutschland agrarwissenschaftlich orientierte Studiengänge an elf Universitäten [UN 16] und zwölf Hochschulen [FH 16] angeboten. Die im Anschluss

aufgeführten Resultate aus den Analysen der Studiengänge „Agrarwissenschaften“ und „Agrarwirtschaft“ an Hochschulen werden anhand der nachfolgenden Grafik veranschaulicht. Die Analyse der Universitäten zeigt eine starke Fokussierung jedes einzelnen Studiengangs auf die fachspezifischen Bereiche des Studiums, vor allem in den Schwerpunkten Pflanzenbau- und Tierwissenschaften. In diesem Bereich werden 57 % der Module angeboten. Für Landtechnik und Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sind 28 % der Module vorgesehen. Zudem sind noch 10 % Grundlagenmodule. Die Dominanz der fachlichen Ausbildung ist aufgrund der Studienschwerpunkte der einzelnen Universitäten nachvollziehbar, lässt andererseits die weiteren Bereiche der Soft-Skills und IT-Kenntnisse mit einem Gesamtanteil von 5 % am Modulangebot nachrangig wirken. Im direkten Vergleich von Soft-Skills und IT-Kenntnissen gibt es von Ersteren in den betrachteten Studiengängen immerhin Angebote (4 % der Module), während hingegen die IT-Ausbildung häufig keine Beachtung findet. Bei den Hochschulen in Abbildung 1 zeigt sich ein beinahe identisches Bild wie bei den Universitäten. Lediglich im Bereich der Soft-Skills, speziell bei Kommunikation und Präsentation, können höhere Modulzahlen festgestellt werden.

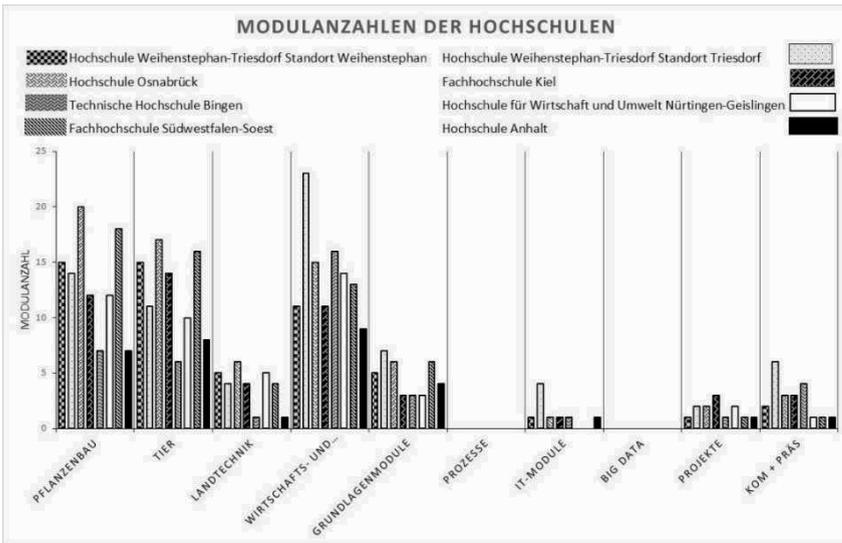


Abb. 1: Matrix mit der Modulanzahl der einzelnen Unterteilungen für die jeweiligen Universitäten

4 Resultat und Diskussion

Der Vergleich zwischen den Stellenbeschreibungen der Agrarsoftwarehersteller und der Analyse aller agrarwissenschaftlicher Bachelorstudiengänge an Hochschulen sowie Universitäten in Deutschland zeigt einen hohen Übereinstimmungsgrad bei der fachlichen Kompetenz. Bei den IT- Kenntnissen als auch der Prozessmodellierung spiegelt

sich genau das Gegenteil wieder. Die Unternehmen setzen hohe IT-Kenntnisse voraus, welche in den Studieninhalten nicht vorhanden sind. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass die angebotenen Module in diesem Bereich zwar die Möglichkeit zur Schärfung des Abstraktionsvermögens bieten, jedoch passende Methoden oder Werkzeuge nicht gelehrt werden. Aus Sicht der Entwicklung von Digital Farming-Anwendungen sind dies Prozessmodellierung und User Interface Design sowie die Verwendung von Metriken zur Messung von Anwenderfeedback. Zur Förderung der Kommunikation und Teamfähigkeit werden in allen Studiengängen separate Module angeboten. Häufig werden diese Fertigkeiten auch in anderen Modulen gelehrt, ohne dass dies explizit in der Modulbeschreibung aufgeführt wird. Aus diesem Grund ist die Metrik „Anzahl der Module“ im Bereich Soft Skills kritisch zu hinterfragen. Die Aussagen könnten durch eine Umfrage gestützt werden. Die in jeder einzelnen Stellenbeschreibung geforderte Teamfähigkeit ist eine grundlegende Voraussetzung, zur reibungslosen Durchführung von Projektarbeiten, zudem stellt sie eine Brücke zu den Soft Skills Kommunikation und Präsentation dar. Die Ausprägung dieser Fertigkeiten ist wesentlich vom Individuum abhängig.

5 Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde das Berufsfeld „Entwicklung“ den Inhalten einer agrarwissenschaftlichen Ausbildung an Hochschulen gegenübergestellt. In weiteren Analysen sollte diese Auswertung auf andere Berufsfelder wie Vertrieb, Marketing, Forschung und Management ausgeweitet werden. Anschließend ist es möglich Studiengänge um Module zu erweitern, sodass der Bedarf an agrarwissenschaftlichen Absolventen in den genannten Berufsfeldern mit optimal ausgebildeten Fachkräften gedeckt werden kann. Generell muss zwischen Spezialisierung und Generalisierung im Studium abgewogen werden. Weitere Fragestellungen sind, ob an allen agrarwissenschaftlichen Standorten alle Bereiche gelehrt werden können, ob die Infrastruktur (Rechenzentrum) und die Ausbildung in den Fächern Mathematik und Statistik einen signifikanten Einfluss auf die IT-Fertigkeiten der Absolventen hat.

Literaturverzeichnis

- [NN 16] eigene Erhebung durch Analyse der Stellenangebote
- [UN 16] Universitäten mit Studienrichtung Agrarwissenschaften in Deutschland, http://www.agrarwissenschaften.de/studium_unis.html, 15.11.2016
- [FH 16] Fachhochschulen mit Studienrichtung Agrarwissenschaften in Deutschland, http://www.agrarwissenschaften.de/studium_fhs.html, 15.11.2016

Sensor Fusion – Evaluierung der Eignung von geoelektrischer und Gammensorik für die indirekte Bestimmung von Phosphor im Boden

Alexander Mizgirev¹, Thomas Chudy¹, Michael Marz¹, Peter Wagner¹ und Jörg Rühlmann²

Abstract: Im Rahmen von Precision Farming wird gegenwärtig daran gearbeitet z.B. Bodencharakteristika und Makronährstoffgehalte kleinräumig sensorbasiert möglichst bereits während der Überfahrt im Feld zu erfassen. Die gewonnenen Informationen bilden eine Grundlage für die Düngemittelgabe. Der pflanzenverfügbare Phosphorgehalt (Pf) ist bisher nur im Labor bestimmbar. Vorangegangene Arbeiten konnten aufzeigen, dass eine indirekte Ermittlung von Pf im Boden mittels sensorbasierter Parameter möglich ist. Hierbei wird der Zusammenhang zwischen der Zielgröße (Pf) und den erklärenden Variablen (pH, EC, Ertrag, etc.) durch einen selbstlernenden Algorithmus, wie z.B. eines künstlichen Neuronales Netzes erlernt und das daraus resultierende Modell für die Abschätzung von Pf für die weitere Jahre verwendet. In diesem Werkstattbericht wird die Eignung von geoelektrischer und Gammensorik in einem Sensor Fusion Ansatz untersucht. Primär wird geprüft, ob der Einsatz dieser Sensorik die Approximation von Phosphor verbessert. Sekundär wird evaluiert, ob die Sensorik die bisher laboranalytische Bestimmung der Bodentextur ersetzen kann oder ob der Sensoroutput eine Ergänzung ist. Die vorliegende Untersuchung zeigte, dass der Geophilusoutput bei der Abschätzung von Pf im Boden die kosten- und zeitintensiven Labordaten für die Textur vollständig substituieren kann.

Keywords: Precision Farming, Sensor Fusion, Makronährstoffe, Geoelektrik, Gammasspektrometrie

1 Einleitung

Teilflächenspezifische Bewirtschaftung zielt unter Anderem auf einen effizienten Düngemittleinsatz ab. Der Ansatz erfordert hoch aufgelöste Daten zur Verteilung der Makronährstoffe wie Phosphor, Kalium und Magnesium im Boden. Die Sensor gestützte Analytik des Ackerbodens kann die zurzeit gängige Laboranalytik verbessern und zum Teil ersetzen. Die aktuellen Ansätze verfolgen das Ziel eines parallelen Einsatzes verschiedener Sensoren im Rahmen von multi sensor data fusion während der Befahrung (on-the-go) und schließlich eine vollständige Substituierung der kosten- und zeitintensiven Laboranalytik [Vi11, Ad11]. In diesem Werkstattbericht wird Geophilus Messsys-

¹ MLU Halle-Wittenberg, Professur für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Karl-Freiherr-von-Fritsch-Str. 4, 06120 Halle, alexander.mizgirev@landw.uni-halle.de, thomas.chudy@landw.uni-halle.de, michael.marz@landw.uni-halle.de, peter.wagner@landw.uni-halle.de

² Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Theodor-Echtermeyer-Weg 1, 14947 Großbeeren, ruehlmann@igzev.de

tem als Baustein für den Sensor Fusion Ansatz betrachtet. Geophilus enthält zwei Sensoren. Ein Sensor dient für die Messung des scheinbaren elektrischen Widerstandes (ERa) und besteht aus einem Elektrodenpaar für die Sendung eines elektromagnetischen Signals und sechs Elektrodenpaare für die Messung des ankommenden Signals in unterschiedlichen Bodentiefen (für den detaillierten Aufbau des Messsystems s. [Rü16]). Ein weiterer Sensor misst Intensität der Strahlung natürlicher Radionuklide im Boden wie z.B. der radioaktive Isotop Kalium-40 sowie die Zerfallsprodukte von Uran und Thorium [VTM07, Vi11]. Für die Evaluierung der Eignung der beiden Sensoren für die indirekte Bestimmung von Pf im Boden kommt das Konzept der künstlichen neuronalen Netze (KNN) zum Einsatz.

2 Methoden

Als Basis für die Untersuchung dienen einige VDLUFA-konforme Erhebungen zu Nährstoffgehalten und Textur eines 64 ha großen Schlages des Lehr- und Versuchsguts der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg bei Görzig in Sachsen-Anhalt. Eine Bestimmung der Bodentextur auf dem Schlag fand durch Laserdiffraktion nach der VDLUFA-Verordnung 2016 statt [VD16]. Die Messung durch Geophilus wurde im Rahmen einer Feldkampagne im Juli 2016 durchgeführt. Im Rahmen der Feldkampagne befand sich in der Untersuchung nur ein südlicher Teil des Schlages einer Größe von 29,7 ha. Bei der Messung wurden der scheinbare elektrische Widerstand (ERa) in sechs unterschiedlichen Bodentiefen als Mischsignal für jede Tiefe und Intensität der Gammastrahlung (total counts) aufgezeichnet. Die Aufzeichnungsspuren sind 36 m voneinander getrennt und wurden nur ein Mal befahren. Die zeitliche Auflösung der beiden Sensoren beträgt 1 Hz, die einen Abstand zwischen Aufnahmezeitpunkten von etwa 1,6 m bei 6 km/h Überfahrt ergibt. Da alle Eingangsdaten durch die Untersuchungs- sowie Messtiefe des Gammassensors (0,20 bis 0,50 m je nach Wassergehalt und Bodendichte [VTM07]) begrenzt sind, wurde die Wahl des Geophilusoutputs auf die ersten zwei Tiefen des ERa-Sensors (0,25 und 0,50 m) und den Output des Gammassensors gelegt.

Die Evaluierung des Geophilusoutputs für die Approximation von Pf im Boden fand im Rahmen der zu entwickelnden Sensor Fusion Plattform statt. Hierfür wurde als selbstlernender Algorithmus ein KNN verwendet. Dieser lernt Zusammenhänge zwischen erklärenden Variablen wie den Labor- bzw. Sensordaten und einer Zielgröße (im Studienfall: Pf), die das KNN anschließend nicht linear abbildet. Dabei werden alle Parameter gleich gewichtet. Bei der Modellierung wird das Ziel verfolgt, anhand der Geophilusdaten den Pf im Boden mittels entstandener KNN-Modelle zu approximieren. Die Ermittlung von Pf stellt eine wesentliche Grundlage für Berechnung der Düngemittelgabe. Damit wird die kosten- und zeitintensive Laboranalytik eliminiert.

Der Vorgang der Modellierung wird in drei Schritte eingeteilt. Im ersten wird mit den laboranalytischen Texturdaten modelliert. Im zweiten werden zusätzlich die Sensordaten in das Modell herangezogen. Und im dritten werden die Labordaten vollständig durch den Geophilusoutput ersetzt. Die Lernbasis der Modelle wird durch die Daten aus dem

Jahr 2011 vervollständigt. Der Datensatz enthält Informationen wie die laboranalytischen pH-Werte, MBI (topologischer Index), Sensor gestützte Ertragsdaten als feldfruchtspezifischer Phosphorentzug und Düngegabedaten als Nährstoffzufuhr sowie ein spezifisches P-Niveau (laboranalytischer P-Gehalt), das im Modell, äquivalent dem Geophilusoutput für Texturdaten, als Proxy für einen künftigen Sensoroutput (bspw. Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA), Laserinduzierte Plasmaspektroskopie (LIPS) bzw. Raman-Spektroskopie) für absoluten P-Gehalt fungiert. Die Anwendung der entstandenen Modelle fand mit den Datensätzen mit einer übereinstimmenden Struktur aus den Jahren 2015 und 2016 statt. Die Anwendbarkeit des Geophilusoutputs wird über die Modellgüte bestimmt. Diese bildet einen linearen Zusammenhang zwischen dem abgeschätzten Wert $\$Pf$ und der dazu gehörigen Zielgröße Pf (laboranalytischer Pf) ab.

3 Ergebnisse

In die Prozessierung wurden sieben Parzellen der Südhälfte des Schlages (Gesamtfläche 29,7 ha) sowohl als Ganzes als auch separat nach Düngungsstrategie einbezogen, die sich wie folgt unterteilt: a. teilflächenspezifische Düngung (2 Parzellen, 10 ha), b. keine Düngung (3 Parzellen, 12 ha) und c. flächeneinheitliche Düngung (2 Parzellen, 7,7 ha). Anschließend wurden die Modellgütemaßen aller drei Düngungsstrategien gemittelt, um mit den zugehörigen Gütemaßen der Gesamtfläche vergleichen zu können (s. Tab. 1).

Prozessierung	Datensatz	R2 (linear)	SD
7 Parzellen der Gesamtfläche (29,7 ha)	lab. Bodentextur	0,7416	1,793
	Textur + Geophilus	0,7274	1,816
	Geophilusoutput	0,7356	1,814
Parzellen Separat nach Düngungsstrategie (Mittelwert)	lab. Bodentextur	0,8276	1,573
	Textur + Geophilus	0,8363	1,531
	Geophilusoutput	0,8339	1,547
2 Parzellen der teilflächenspezifischen Bodenbearbeitung	lab. Bodentextur	0,8252	1,068
	Textur + Geophilus	0,8228	1,076
	Geophilusoutput	0,8473	0,979

Tab. 1: Validierung der Modelle am Beispiel der Abschätzung von Pf für das Jahr 2016 (Legende: SD = standard deviation)

Anhand der Gütemaßen ist zu sehen, dass die abgeschätzten Werte für $\$Pf$ mit laboranalytischen Texturdaten sich von denjenigen mit Sensordaten nur geringfügig unterscheiden (z.B. Gesamtfläche: lab. Bodentextur SD=1,793; Geophilusoutput SD=1,814). Das besagt, dass jeder geschätzte Wert $\$Pf$ für das Jahr 2016 sich von dem zugehörigen laboranalytischen Wert Pf des Jahres 2016 im Durchschnitt um 1,814 mg abweicht.

Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht das Ergebnis der Abschätzung von Pf , der (Pf) separat nach Düngungsstrategie approximiert wurde.

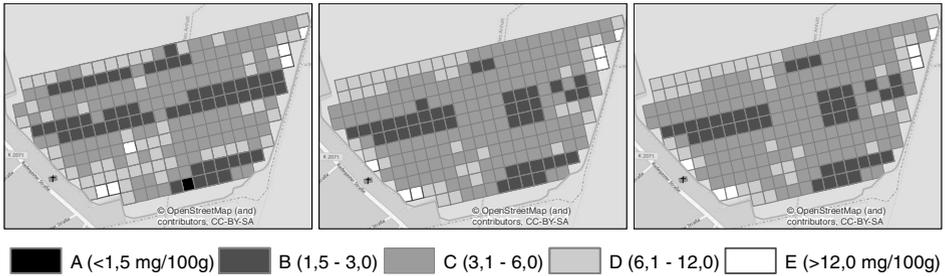


Abb. 1: Pf nach VDLUFA-Klassifizierung: laboranalytischer Pf (links), Abschätzung Pf mit laboranalytischen Texturdaten (Mitte) und Abschätzung Pf mit Sensoroutput (rechts).

4 Fazit

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die ERA- und Gammadaten des Geophilus Messsystems für die Approximation von Pf im Boden geeignet sind (vgl. Tab. 1). Ausgehend aus der Standardabweichung (0,979 mg/100g bei Parzellen mit ortsspezifischer Düngung) hat er ein Potential, die laboranalytischen Daten für die Bodentextur vollständig zu substituieren. Die Ursache für die leicht erhöhten Vorhersagewerte des KNN (mittleres und rechtes Bild in Abb. 1) gegenüber den Laborwerten (linkes Bild) gilt es zu analysieren, um die Modellierungsergebnisse für die Makronährstoffe anschließend weiter zu verbessern.

Literaturverzeichnis

- [Ad11] Adamchuk, V.I. et al.: Sensor Fusion for Precision Agriculture, In (Thomas, C. Hrsg.): Sensor Fusion - Foundation and Applications, InTech, DOI: 10.5772/19983, 2011.
- [Rü16] Rühlmann, J.: Generierung hochaufgelöster Beodenartenkarten auf Basis von Geophilus- und Bodenschätzungskarten. In (Ruckelshausen, A. et al. Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft 35/2016, Osnabrück, S. 173-176, 2016.
- [VD16] VDLUFA (Hrsg.): Die Untersuchung von Böden. VDLUFA-Verl., Darmstadt, 2016.
- [VTM07] Viscarra Rossel, R.A.; Taylor, H.J.; McBratney, A.B.: Multivariate calibration of hyperspectral gamma-ray energy spectra for proximal soil sensing. European Journal of Soil Science 58/2007, S. 343-353, 2007.
- [Vi11] Viscarra Rossel, R.A. et al.: Proximal soil sensing: an effective approach for soil measurements in space and time. In (Sparks, D.L. Hrsg.): Advances in agronomy, Vol. 113, Verlag Academic Press, Burlington, S. 237-282, 2011.

Sensorfusion für landwirtschaftliche Applikationen

Bernhard Peschak¹, Wilfried Wöber, Richard Otrebski, Clemens Sulz und Stefan Thalhammer

Abstract: Moderne Zugmaschinen und landwirtschaftliche Anbaugeräte liefern immense Mengen an Daten. Die internen Sensoren moderner Maschinen erlauben die Verbesserung einzelner, von der Maschine durchgeführter, Prozesse. Eine übergeordnete Betrachtung der landtechnischen Aufgaben und der damit verbundenen globalen Betrachtung der Daten ist bis heute nicht möglich. In dieser Arbeit werden Methoden und Applikationen vorgestellt, welche durch die Verwendung und Kombination mehrerer Datenquellen neue Information generieren können. Der Schwerpunkt dieser Arbeit bezieht sich auf Selbstlokalisierung, der Erhöhung der Betriebssicherheit und Nutzung bestehender Daten. Erste Ergebnisse zeigen, dass die globale Betrachtung der Daten am Fahrzeug den Prozess selbst und die Betriebssicherheit signifikant verbessern können.

Keywords: Datenfusion, Machine Learning

1 Einleitung

Moderne landwirtschaftliche Maschinen haben neben internen Sensoren, also Sensoren zur Überwachung der Fahrfunktion, externe Sensoren zur Überwachung der Umgebung. Typischerweise basieren derartige Sensoren auf Kamera- oder Lasertechnologien [Ca16]. Diese Datenmengen werden zum Großteil nicht genutzt und dienen nur zur Realisierung einzelner Funktionen. Besonders Information, welche nur unter der Betrachtung mehrerer Sensorquellen gemeinsam gewonnen werden können, fließen kaum in die Prozesssteuerungen ein. So sind neben sicherheitsbezogenen Aspekten (z.B.: Hinderniserkennung) auch weitere landwirtschaftliche Analysen (z.B.: Schätzung des Stickstoffgehalts) möglich.

In diesem Paper werden Ansätze zur Nutzung der generierten Daten vorgestellt. Hauptaugenmerk liegt auf realisierten Applikationen mit dem *Autonomen System für Kraftfahrzeuge und Maschinen* (ASK) der Firma PAS GmbH [Wö16]. Diese Realisierungen basieren auf der Fusion von Information bzw. angewandter Statistik. In den nachfolgenden Kapiteln wird auf eine konkrete Realisierung des ASK eingegangen, welche basierend auf Sensoren zur Vollautomatisierung die Betriebssicherheit erhöht und intelligente Sensordatenverarbeitung durchführt. Diese Arbeit geht bezüglich Vollautomatisierung nur auf die Selbstlokalisierung und nicht auf die Navigation oder die Automatisierung eines Prozesses ein.

¹ PAS GmbH, Wienerstraße 62, 3701 Großweikersdorf (AUT), bernhard.peschak@pas-autonom.com

2 Material und Methoden

Zur Vollautomatisierung wurde das ASK auf einem Traktor (New Holland TN75S) implementiert. Das ASK ist ein modulares System, bestehend aus Industrierechnern, Sensoren (hier RGB Stereovision, NIR Kameras und Radsensoren) und einem Lenkradmotor. Die Vollautomatisierung basiert auf einer GPS unabhängigen Lokalisierungsmethodik, welche mit dem Satz von Bayes, einer zeitlichen Komponente und den Kamera- bzw. Radsensordaten im rekursiven Zusammenhang $p(\bar{x}_t | \bar{e}_{1:t}) = f(\bar{e}_t, p(\bar{x}_{t-1} | \bar{e}_{1:t-1}))$ (siehe [Tr06]) resultiert, wobei \bar{x}_t die Position des Traktors und \bar{e}_t die Evidenzen (Sensorsignale) zum Zeitpunkt t darstellen. Durch die Nutzung Gaußscher Modelle und bestehender Lokalisierungsmethoden (z.B.: visuelle Odometrie [AV16, Ge11, Ge10]) lässt sich ein Zusammenhang formulieren, welcher durch Methoden wie dem extended Kalman Filter (EKF) [Th16] realisiert werden kann².

Unabhängig von der Lokalisierung kann die Sensorik ohne Einschränkungen zur Erhöhung der Betriebssicherheit genutzt werden. Bisher nicht erkennbare Objekte (z.B.: laufende Kinder) können durch Stereovision erkannt werden. Das Hinderniserkennungsmodul des ASK ermöglicht eine Detektion von dynamischen Hindernissen. Diverse Ausweichprozeduren (z.B.: kreisförmig) sind dann definierbar.

Wie bereits diskutiert, kann neue Information, basierend auf den bestehenden Sensordaten, in einer globalen Betrachtung generiert werden. Als Beispiel wurde hier eine Analysemethode zur Schätzung pflanzenbaulicher Größen auf Basis von bildgebenden Sensoren implementiert. Um Information aus dem vorhandenen Bildmaterial generieren zu können, müssen Merkmale extrahiert werden. Abhängig von der Applikation können solche Merkmale spektrale oder Tiefen-Information, Bildfeatures (z.B.: SIFT Features [Lo04]) oder statistische Merkmale sein. Basierend auf dieser Information und Vorwissen in Form von Modellen können Schlussfolgerungen wie Nutzpflanzenerkennung oder Schätzung von Stickstoff getroffen werden. Die Modellierung kann dann beispielsweise durch eine Support Vektor Machine (SVM) [CL16] oder andere machine learning Verfahren geschehen.

3 Experimente

Die Datenfusionsalgorithmen zur Verbesserung der Lokalisierung werden in [Th16] diskutiert. Diese Arbeit geht auf die Rahmenbedingungen der Algorithmen und mögliche Erweiterungen durch Fusionierung mit Informationsextraktionsalgorithmen ein. Das Ergebnis dieser Forschungsarbeit weist auf die Erhöhung der Genauigkeit der Lokalisierung basierend auf Datenfusion hin und gibt Aufschluss über die Einschränkungen bei Verwendung. Diese Grenzen sind besonders durch Umgebungsbedingungen (z.B.: direk-

² Die mathematischen Voraussetzungen für die präsentierten Methoden sind in [Tr06] dargestellt.

te Sonneneinstrahlung) bedingt, welche bestehende optische Methoden stark einschränken.

Die Hinderniserkennung wurde in unterschiedlichen Umgebungen (z.B.: Maschinenhalle oder Acker) bei verschiedenen Bedingungen (z.B.: Sonnenschein und Regen) erprobt. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die Qualität der Hinderniserkennung von den durch die Kamera erkannten Konturen bedingt ist. Hecken werden beispielhaft sehr gut erkannt, einfarbige Flächen ohne signifikant sichtbare Konturen nicht.

Die Analyse von Nutzpflanzen wurde durch den Aufbau von Datenbanken und der darauf aufbauenden Modellierung implementiert. In Messfahrten (Mai 2015 bis August 2016) wurden Bildmaterial und Metainformation (z.B.: Pflanzenart oder Stickstoffgehalt) in einer Datenbank abgelegt. Bestehende Methoden zur Detektion von Pflanzen [Sh15, Ku16] wurden aufgrund der mangelnden Praxistauglichkeit um pflanzenwachstumsbedingte und sich in der Pflanzengattung wiederholende Merkmalsmodellierung, einer zeitlichen Komponente und um Kontext basierte Schlussfolgerung (siehe [Pe13]) erweitert. Bisherige Ergebnisse zeigen, dass eine robuste Klassifizierung möglich ist. In Feldversuchen wurden Nutzpflanzen unter mittlerem Unkrautdruck erkannt.

Neben der Pflanzenklassifizierung wurden Spektralaufnahmen (Nutzung der RGB und nahen Infrarot Sensoren) von Mais inklusive Stickstoffmessungen (Handmessungen basierend auf [Ko16]) am Acker (3721 Oberdürnbach und 3430 Tulln in Österreich) und Metadaten aufgenommen (ca. 5000 Stichproben). Basierend darauf konnte ein Modell erstellt werden, welches für Stickstoffanalysen für jeden Bildpixel ohne weitere Kalibrierung genutzt werden konnte. Die Messungen wurden im Sommer 2015 und Sommer 2016 durchgeführt. Das Modell konnte die Handmessungen mit einem r^2 zwischen 0.96 bis 0.99 vergleichsweise gut (siehe [Fi10]) reproduzieren.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Sensoren in moderner Landtechnik liefern Daten, welche bislang nicht übergeordnet genutzt werden. Diese Daten sind mit Methoden der Datenbearbeitung bzw. Datenfusion für Automatisierung, sicherheitsrelevante Aufgaben und landwirtschaftliche Analysen nutzbar.

Neben der GPS unabhängigen Implementierung von Selbstlokalisierungsmethoden wurde die Erhöhung der Sicherheit von bisher „blinden“ Systemen durch die ASK Hinderniserkennung vorgestellt. Die dabei durchgeführten Analysen zeigten die Schwachstellen (z.B.: Blendungen) auf, welche aktueller Gegenstand von Forschungen sind. Des Weiteren werden im Jahr 2017 Systeme zur Hinderniserkennung durch die Fusion von verschiedenen Sensoren (RGB und nahes Infrarot) entwickelt.

Neben den der Automatisierung zugehörigen Anwendungen wurden Ansätze zur Analyse spezifischer Parameter von Pflanzen vorgestellt. Sowohl die Aufdeckung von Pflan-

zenparametern wie Stickstoff, als auch die Detektion von Nutzpflanzen am Feld werden in Forschungsprojekten 2017 weitergeführt.

Literaturverzeichnis

- [AV16] AVG, LIBVISO2: C++ Library for Visual Odometry 2, <http://www.cvlibs.net/software/libviso>, Stand: 2.12.2016.
- [Ca16] Case IH: Case IH stellt auf der Farm Progress Show neues Traktorkonzept vor, <https://www.caseih.com/emea/de-at/news/pages/2016-08-30-case-ih-stellt-auf-der-farm-progress-show-neues-traktorkonzept-vor.aspx>, Stand: 2.12.2016.
- [CL16] Chang, C.-C., Lin, C.-J.: LIBSVM -- A Library for Support Vector Machines, <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>, Stand: 2.12.2016.
- [Fi10] Fitzgerald, G. et al.: Measuring and predicting canopy nitrogen nutrition in wheat using a spectral index—The canopy chlorophyll content index (CCCI), In: Field Crops Research, p. 318-324, 2010.
- [Ge10] Geiger, A. et al.: Visual Odometry based on Stereo Image Sequences with RANSAC-based Outlier Rejection Scheme, In: Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2010.
- [Ge11] Geiger, A. et al.: StereoScan: Dense 3D Reconstruction in Real-time, In: Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2011.
- [Ko16] Konica Minolta, Chlorophyll meter SPAD-502Plus, http://www.konicaminolta.eu/fileadmin/content/eu/Measuring_Instruments/2_Products/1_Colour_Measurement/6_Chlorophyll_Meter/PDF/Spad502plus_EN.pdf, Stand: 2.12.2016.
- [Ku16] Kumar, N. et al.: Leafsnap: A Computer Vision System for Automatic Plant Species Identification, http://neerajkumar.org/papers/nk_eccv2012_leafsnap.pdf, Stand: 2.12.2016.
- [Lo04] Lowe, D.G.: Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints, In: International Journal of Computer Vision, p. 91-110, 2004.
- [Pe13] Pearl, J.: Graphical Models for Probabilistic and Causal Reasoning, http://ftp.cs.ucla.edu/pub/stat_ser/r236-3ed.pdf, Stand: 2.12.2016.
- [Sh15] Shejwal, S. et al.: Automatic Plant Leaf Classification on Mobile Field Guide, In: International Journal of Computer Science and technology, p. 93-97, 2015.
- [Th16] Thalhammer, S.: Probabilistic Sensor Fusion to Localize a Mobile Robot with Enhanced Accuracy, Fachhochschule Technikum Wien, 2016.
- [Tr06] Thrun, S. et al.: Probabilistic Robotics, 2006.
- [Wö16] Wöber, W. et al.: ASK: Entwicklung eines modularen Systems zur Automatisierung landwirtschaftlicher Maschinen, In (A. Ruckelshausen, A. Meyer-Aurich, T. Rath, G. Recke, B. Theuvsen): Referate der 36. GIL-Jahrestagung in Osnabrück - Intelligente Systeme - Stand der Technik und neue Möglichkeiten, p. 221, 2016.

Modellierung von Angebot und Nachfrage landwirtschaftlicher Biogassubstrate – ein Ergebnisvergleich für Baden-Württemberg

Eckart Petig¹, Elisabeth Angenendt¹ und Enno Bahrs¹

Abstract: Die Biogasproduktion hat sich in den letzten Jahren fest im landwirtschaftlichen Sektor etabliert. Aus diesem Grund ist die Betrachtung der Biogassubstratproduktion für landwirtschaftliche Politikfolgenabschätzung notwendig, um die Nutzungskonkurrenz mit anderen landwirtschaftlichen Produktionen abbilden zu können. Hierzu können Modellansätze einen wertvollen Beitrag leisten. Im Rahmen dieses Beitrages wird ein Standortmodell für Biogasanlagen einem landwirtschaftlichem Regionalmodell gegenübergestellt, um die regionalen Angebots- und Nachfragemengen landwirtschaftlicher Biogassubstrate in Baden-Württemberg zu vergleichen. Hierdurch können die Ergebnisse eines hochaufgelösten Standortmodells auf Gemeindeebene, das aber jeweils nur den Produktionszweig der landwirtschaftlichen Biogasproduktion (Nachfrage) betrachtet, mit dem eines Regionalmodells (Angebot), das alle wichtigen landwirtschaftlichen Produktionszweige simultan aber mit niedriger regionaler Auflösung berücksichtigt, gegenübergestellt werden. Der Vergleich beider Modellergebnisse zeigt eine hohe Übereinstimmung für das Substrat Silomais in den meisten Regionen und insgesamt für Baden-Württemberg. Außerdem konnte insgesamt für Baden-Württemberg ein zusätzliches ökonomisches Biogassubstratpotential modelliert werden, das überwiegend aus Biogassubstraten von Grünland stammen würde.

Keywords: Biogassubstratproduktion; Agrarökonomische Modellierung; Regionalmodell

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren hat sich die Biogasproduktion durch politische Förderung fest in den landwirtschaftlichen Produktionsstrukturen in Deutschland etabliert. Dadurch konkurriert die landwirtschaftliche Biogassubstratproduktion mit anderen landwirtschaftlichen Produktionsverfahren (bspw. Nahrungs- und Futtermittel) um den knappen Faktor Boden. Um die Auswirkungen der Biogasproduktion auf die anderen landwirtschaftlichen Produktionen abbilden zu können, ist eine Betrachtung auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen notwendig [BD13]. In diesem Beitrag wird ein Standortmodell für Biogasanlagen „Biogas Biogassubstratanalyse-Tool (BSAT)“ dem landwirtschaftlichen Regionalmodell „Economic Farm Emission Model (EFEM)“ gegenübergestellt. Dadurch können sowohl standortspezifische Eigenschaften bei der Ableitung des Substratbedarfs berücksichtigt, als auch die regionale Nutzungskonkurrenz der verschiedenen Produktionszweige integriert werden. Nachfolgend werden zunächst beide Modellansätze vorge-

¹ Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre/Universität Hohenheim (410b), Schloss Osthof-Süd, 70593 Stuttgart; eckart.petig@uni-hohenheim.de

stellt und anschließend die berechnete Biogassubstratnachfrage dem modellierten Angebot für unterschiedliche Regionen in Baden-Württemberg gegenübergestellt.

2 Methodik

Das Basisjahr für die Betrachtung ist 2010, da EFEM die Tierzahlen und Flächenumfänge der Landwirtschaftszählung als Datengrundlage für die Modellierung benötigt. Als räumliche Auflösung für die Betrachtung in EFEM dienen die sogenannten Vergleichsgebietsgruppen (VGG) in Baden-Württemberg. Die VGG bilden die unterschiedlichen landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen in Baden-Württemberg ab. In diesem Kontext ist mit den verfügbaren Daten keine höhere regionale Auflösung möglich.

2.1 Biogassubstratanalyse-Tool (BSAT)

Für das Basisjahr liegen die Daten von 734 georeferenzierten Biogasanlagen in Baden-Württemberg auf Gemeindeebene vor. Diese Daten bilden die Grundlage des an die Produktionsbedingungen in Baden-Württemberg angepassten Modellansatzes von Auberger et al. (2016) [Au16]. Der Modellansatz optimiert mit der Methode der linearen Optimierung und mit den Daten der Übertragungsnetzbetreiber sowie regionaler Produktionsbedingungen die Biogassubstratzusammensetzung und –menge für jede einzelne Biogasanlage. Als Zielfunktion werden die variablen Substratbereitstellungskosten unter Berücksichtigung von massebezogenen und gärobiologischen Restriktionen minimiert. Die Produktionsbedingungen beinhalten unterschiedliche Ertragsniveaus und Pachtpreise. Der Modellansatz berücksichtigt die Substrate Silomais, Winterweizen Ganzpflanzen-Silage (GPS), Zuckerrüben, Winterweizenkorn, Grassilage und Gülle. Anhand der Ergebnisse wird der Substratbedarf für die Biogasproduktion auf Gemeindeebene abgeleitet und für die Gegenüberstellung mit EFEM auf Ebene der VGG hochgerechnet.

2.2 Economic Farm Emission Model (EFEM)

EFEM [Kr16] ist ein landwirtschaftliches Angebotsmodell und basiert auf statisch linearer Programmierung. Die Betriebsmittel- und Erzeugerpreise sind dabei exogen vorgegeben. Ebenso die Kapazitätsgrenzen der im Modell abgebildeten Betriebe. Das Modell kann sowohl auf betrieblicher Ebene als auch auf regionaler Ebene (Bottom-up Ansatz) eingesetzt werden. Die betriebliche Ebene basiert auf typischen Betrieben, die auf Grundlage der Testbetriebsnetz-Datensätze (FADN) bestimmt werden. Die Regionalisierung erfolgt dabei durch die Hochrechnung einzelbetrieblicher Ergebnisse. Die Kapazitäten der ausgewählten typischen Betriebe bilden die Grundlage für das Betriebsstrukturmodul und erzeugen den Restriktionsrahmen des linearen Optimierungsprozesses. Zielfunktion ist die Maximierung des betrieblichen Deckungsbeitrags. Dabei werden die wichtigsten Produktionsverfahren der Tier- und Pflanzenproduktion abgebildet. Diese lassen sich hinsichtlich Erträge, Intensitäten, Leistungen und Kosten regional unter-

scheiden. Ebenso wird der Anbau der wichtigsten einjährigen Energiepflanzen wie z.B. Silomais, GPS und Grassilage als Biogassubstrat berücksichtigt. Die Preise für die Biogassubstrate werden dem Modell, basierend auf der Umfrage vom IER [In13], exogen vorgegeben. Grassilage kann aus Ackergras oder Dauergrünland produziert werden.

3 Ergebnisse und Diskussion

In Abb. ist die berechnete Biogassubstratnachfrage (BSAT) und das modellierte Biogassubstratangebot (EFEM) der drei wichtigsten flächengebundenen Substrate in MWh (brutto) vergleichend dargestellt.

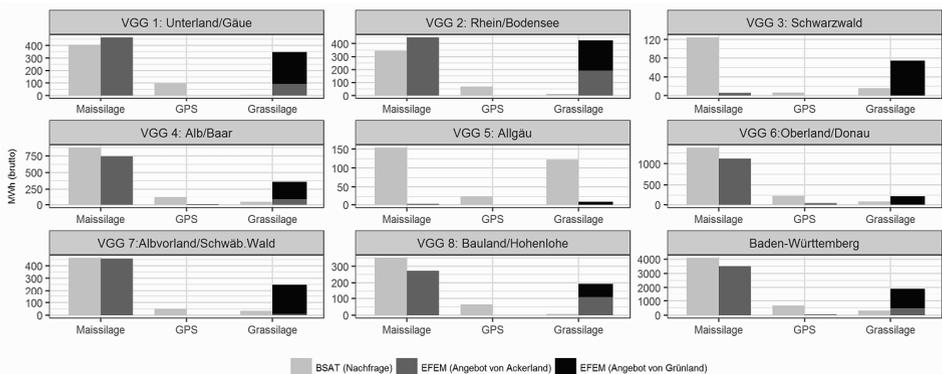


Abb. 1: Vergleichende Betrachtung des modellierten Biogassubstratangebots (BSAT) und -nachfrage (EFEM) in MWh (brutto) in den VGG in Baden-Württemberg (2010)

Die Modellergebnisse zeigen für Maissilage eine vergleichsweise hohe Übereinstimmung von Angebot und Nachfrage für die meisten VGG und für Baden-Württemberg. Unterschiede gibt es bei VGG 3 und 5. Bei VGG 3 handelt es sich um eine extensive Futterbauregion, die durch einen geringen Anteil der Ackerfläche (15 % der LF) gekennzeichnet ist. Dadurch steht die Biogasproduktion in starker Konkurrenz zum etablierten Futterbau und die knappe Ackerfläche und ist unter den gegebenen Rahmenbedingungen kaum konkurrenzfähig. Grassilage von Dauergrünland als Substrat wird in dieser Region über die berechnete Nachfrage hinaus bereitgestellt. Bei VGG 5 handelt es sich um eine intensive Futterbauregion, die neben einem großen Anteil von Ackerfutter, durch eine intensive Grünlandnutzung gekennzeichnet ist. Durch die ökonomische Vorzüglichkeit des Futterbaus werden in dieser Region nur sehr geringe Mengen an Biogassubstraten produziert. Die benötigten Substrate müssen deswegen in beiden Regionen, unter anderem von Flächen aus benachbarten VGG, geliefert werden. Zu bedenken ist, dass in VGG 5 in der Praxis auch vermehrt Grassilage von minderer Futterqualität für die Biogasproduktion eingesetzt wird, die aus schlechten Erntebedingungen resultiert oder bei einem späteren Schnitzeitpunkt geerntet wurde. Qualitativ höherwertige Schnitte gehen als Futter in die Milchproduktion. Diese differenzierte Nutzung der unterschied-

lichen Schnittqualität von einer Fläche wird in EFEM bisher nicht abgebildet. Darüber hinaus ist GPS als Hauptfrucht in EFEM gegenüber den anderen Erzeugnissen nicht konkurrenzfähig. Das liegt unter anderem daran, dass bislang nicht alle Produktionsverfahren des GPS Anbaus (bspw. als Zwischenfrucht), die eine betriebswirtschaftlich vorzüglichere Anbaumethode darstellen können, in EFEM integriert sind. Dies ist bei einer Weiterentwicklung von EFEM zu berücksichtigen. Des Weiteren zeigt EFEM für Baden-Württemberg unter den Modellannahmen ein ungenutztes Substratpotential für die Biogasproduktion. Dabei handelt es sich überwiegend um Dauergrünland, das in der Realität extensiv genutzt wird und nur bedingt als Biogassubstrat genutzt werden könnte. Die Abbildung dieser Flächen ist in EFEM aufgrund der niedrigen räumlichen Auflösung nur bedingt möglich. Zwar wird der Anteil niedriger Nutzungsintensitäten infolge der Teilnahme am Agrarumweltprogramm in Baden-Württemberg und der naturräumlichen Gegebenheiten durch die Berücksichtigung der Gliederung nach VGG berücksichtigt, aber eine differenzierte Einbeziehung von speziellen Schutzgebietskategorien wie z.B. FFH Gebiete ist mit diesem Modellansatz nicht möglich. Somit überschätzt das EFEM Ergebnis die Verfügbarkeit der Grünlandfläche zur Biogasnutzung. Dies könnte durch eine Kopplung mit Landnutzungsmodellen verbessert werden. Die Weiterentwicklung und Kopplung der Modellansätze wird u. a. im Rahmen des Forschungsprogramms Bioökonomie Baden-Württemberg² für Szenarienrechnungen genutzt, die unterschiedliche Entwicklungen der Biogasproduktion und eine Ausweitung der stofflichen Nutzung landwirtschaftlicher Biomasse berücksichtigen.

Literaturverzeichnis

- [Au16] Auburger, S. et al.: Economic optimization of feedstock mix for energy production with biogas technology in Germany with a special focus on sugar beets – Effects on greenhouse gas emissions and energy balances. *Renewable Energy* 89; S. 1–11, 2016.
- [BD13] Britz, W.; Delzeit, R.: The impact of German biogas production on European and global agricultural markets, land use and the environment. *Energy Policy* 62; S. 1268–1275, 2013.
- [In13] Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER): Biogasanlagen in Baden-Württemberg. Stand der Technik, wirtschaftliche Aspekte, Klimarelevanz und Optimierungspotenziale. Ergebnisse aus einer Umfrage für das Betriebsjahr 2012, 2013.
- [Kr16] Krimly, T. et al.: Global warming potential and abatement costs of different peatland management options. A case study for the Pre-alpine Hill and Moorland in Germany. *Agricultural Systems* 145; S. 1–12, 2016.

² Diese Forschungsarbeit wurde durch das MWK Baden-Württemberg unterstützt.

Direkteinspeisung von Pflanzenschutzmitteln - eine Technologie für Precision Farming im Pflanzenbau

Jan-Philip Pohl¹, Dirk Rautmann², Henning Nordmeyer³ und Dieter von Hörsten⁴

Abstract: Im Ackerbau werden häufig Tankmischungen mit mehreren Pflanzenschutzmitteln (PSM) eingesetzt, wodurch eine teilflächenspezifische Applikation einzelner Pflanzenschutzmittel unmöglich wird. Mit Direkteinspeisungssystemen ist eine teilflächenspezifische Anwendung einzelner PSM dagegen möglich. Direkteinspeisungssysteme ermöglichen eine Echtzeitdosierung von Pflanzenschutzmitteln und Wasser aus separaten Behältern mit unmittelbarer Mischung vor der Ausbringung, ohne dass Restmengen anfallen. Die technische Umsetzung in praxistaugliche Geräte stellt eine große Herausforderung dar. Ein Prototyp eines Feldspritzgerätes mit Direkteinspeisungssystem wurde im Rahmen eines Verbundprojekts zwischen der Firma Herbert Dammann GmbH und dem Julius Kühn-Institut entwickelt und in ersten Praxisversuchen eingesetzt.

Keywords: Direkteinspeisung, Pflanzenschutzmittel, Feldspritzgerät, Precision Farming, Pflanzenbau

1 Einleitung

Die Methoden des „Precision Farming“ ermöglichen im Ackerbau eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung des Pflanzenbestandes. Durch Teilflächenapplikation von Pflanzenschutzmitteln (PSM) kann bei heterogenem Schaderregervorkommen, der Verbrauch an PSM reduziert werden, wenn in Teilflächen die Schadensschwelle unterschritten wird und damit keine Applikation indiziert ist, ohne dass Ertragsdepressionen zu erwarten sind. Die Wirtschaftlichkeit des Pflanzenbaus wird durch die Einsparung von PSM gesteigert und die Belastung der Umwelt reduziert (Wartenberg, 2000). Um Feldüberfahrten einzusparen werden bisher üblicherweise Tankmischungen mit mehreren PSM eingesetzt, was eine teilflächenspezifische Anwendung einzelner Pflanzenschutzmittel unmöglich macht. Eine Lösung dieses Problems bieten Feldspritzgeräte mit Direkteinspeisung. Die Vorteile der Direkteinspeisung sind zum einem, dass keine Restmengen an Spritzflüssigkeit entstehen, da sich nur klares Wasser im Tank befindet und die Vermischung von PSM und Wasser zur Applikation erst kurz vor der Düse stattfindet. Bisher entwickelte Direkteinspeisungssysteme konnten sich in der Praxis nicht durchsetzen, weil

¹ Julius Kühn-Institut, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, jan-philip.pohl@julius-kuehn.de

² Julius Kühn-Institut, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, dirk.rautmann@julius-kuehn.de

³ Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, henning.nordmeyer@julius-kuehn.de

⁴ Julius Kühn-Institut, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, dieter.von-hoersten@julius-kuehn.de

lange Verzögerungszeiten zwischen der Einspeisung und dem Ausspritzen auftraten. Weitere Probleme betrafen die Dosiergenauigkeit in Abhängigkeit von den rheologischen Eigenschaften (Elastizität, Viskosität, Plastizität) des Pflanzenschutzmittels und der Umgebungstemperatur, sowie die Reinigung des Systems und den Umgang mit dem dabei anfallenden Spülwasser. Um der Lösung dieser Probleme näher zukommen wurde ein Verbundprojekt zwischen der Firma Herbert Dammann GmbH, dem Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz und dem Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland des Julius Kühn-Instituts in Braunschweig initiiert.

2 Material und Methoden

Es wurde ein Feldspritzgerät mit Direkteinspeisung entwickelt und gebaut, welches sich aktuell im intensiven Praxiseinsatz befindet. Mit diesem Prototyp wurden zunächst Prüfstandsmessungen zur Dosiergenauigkeit unter Verwendung eines fluoreszierenden Farbstoffes durchgeführt. In einem Feldversuch auf einer Selbstbegrünung wurde im Herbst 2014 die Funktionalität des Prototyps unter Feldbedingungen getestet. Im Frühjahr 2015 erfolgte ein Feldversuch zur teilflächenspezifischen Herbizidapplikation in Winterweizen (*Triticum aestivum* L.). Seit dem Frühjahr 2016 befindet sich das Feldspritzgerät mit Direkteinspeisung im intensiven Praxiseinsatz, dabei soll u.a. der kleinräumige Mittelwechsel durchgeführt werden sowie die Anwenderfreundlichkeit des Systems verbessert werden.

2.1 Aufbau Prototyp

Der realisierte Prototyp hat eine Arbeitsbreite von 27 m und besteht aus einem Hauptbehälter, der in fünf einzelne Wassertanks unterteilt ist. Drei Tanks versorgen die Spritzsysteme (System I fasst 4500 l, System II 1500 l, System III 500 l). Weitere Tanks sind der Frischwassertank mit 500 l und der Spülflüssigkeitsauffangtank mit 200 l Fassungsvermögen. Am Gestänge befinden sich drei parallele Düsenleitungen. Jeder Düsenleitung ist eine Direkteinspeiseeinheit, bestehend aus PSM-Behälter und Dosierpumpe, sowie je eine eigene hydraulisch angetriebene Kolbenmembranpumpe zur Förderung der Trägerflüssigkeit, zugeordnet. Um einen möglichst großen Bereich von verschiedenen Ausbringmengen abzudecken, sind eine kleine und zwei große Direkteinspeisepumpen am Gerät verbaut. Es ergeben sich drei Systeme auf einem Fahrgestell, die voneinander unabhängig voll funktionstüchtig sind. Der Wassertank von System I ist zusätzlich mit einem Rührwerk und Reinigungsdüsen ausgestattet, so dass hier zudem die Möglichkeit besteht, neben der Direkteinspeisung mit einer Tankmischung zu arbeiten. Das Gerät ist für diesen Zweck mit einer Einspülschleuse ausgerüstet. Somit können auch fest formulierte Pflanzenschutzmittel mit dem Gerät appliziert werden.

2.2 Feldversuch Applikationsgenauigkeit

Um die Applikationsgenauigkeit des Direkteinspeisungssystems zu überprüfen, wurden in einem Feldversuch auf einer mit Ausfallgetreide bewachsenen Ackerfläche Spritzparzellen eingemessen. Das Einmessen der Parzellen erfolgte mit Hilfe von GPS, so dass nach dem Vermessen eine georeferenzierte Applikationskarte erzeugt werden konnte. Anhand dieser Karte sollte der Prototyp die komplette Fläche abfahren und die ausgewählten Parzellen mit zwei verschiedenen nichtselektiven Herbiziden behandeln. Die Parzellen wurden so angelegt, dass mit unterschiedlichen Parzellengrößen ganz verschiedene Teilbreitenkombinationen abgerufen wurden.

Die Parzellen waren in Fahrtrichtung entsprechend der vorgegebenen Behandlungsbreite immer gleichmäßig breit. Ein verzögerter Konzentrationsaufbau von der Gestängemitte nach außen konnte nicht beobachtet werden. Wirkungsbonituren haben die parzellenscharfe Applikation nachgewiesen und die Dosiergenauigkeit der Direkteinspeisungssysteme bestätigt. Beim Ein- und Ausschalten am Anfang bzw. Ende der Parzellen zeigte sich, dass das Feldspritzgerät verzögerungsfrei arbeitet.



Abbildung 1: Luftbild der behandelten Parzellen [FD15]

2.3 Praxiseinsatz

Die Ergebnisse zur teilflächenspezifischen Unkrautbekämpfung haben gezeigt, dass durch die teilflächenspezifische Herbizidapplikation die Kosten für Pflanzenschutzmittel reduziert werden können. In welchem Umfang Einsparungen möglich sind, hängt von der jeweiligen Unkrautsituation der Ackerschläge ab. Ziel des Praxiseinsatzes ist die intensive Erprobung des Direkteinspeisungssystems, um die Funktionssicherheit des Systems und die Auswirkungen einer teilflächenspezifischen Behandlung zu bewerten. Eine wichtige Fragestellung in diesem Zusammenhang ist die Optimierung der Handhabbarkeit des Prototypen sowie der Elektronik und des Direkteinspeisungssystems. Hierbei spielt unter anderem die Reduzierung der Anzahl von Bedienterminals und die Erstellung von Applikationskarten eine Rolle für das Precision Farming. Dies ist für die Erlangung der Marktreife der Direkteinspeisung und die damit verbundene Einführung in die landwirtschaftliche Praxis von elementarer Bedeutung. Für eine teilflächenspezifische Unkrautbekämpfung ist eine Erfassung von Unkrautdicke und -arten mit hoher räumlicher Auflösung erforderlich. Manuelle Unkrautbonituren können aufgrund des

hohen Zeitaufwandes in der Praxis kaum realisiert werden. Eine höhere Auflösung könnte mit Unkrautsensoren oder wie aktuell schon eingesetzt mittels kameragestützter Bonitur per Drohne erreicht werden. Die Praxisreife dieser Systeme wird für die Zukunft erwartet.

3 Diskussion

Feldspritzgeräte mit Direkteinspeisungssystemen eröffnen neue Möglichkeiten bei der teilflächenspezifischen Applikation von Pflanzenschutzmitteln im Rahmen von Precision Farming. Eine kleinräumige, differenzierte und gezielte Applikation ist nur mit Direkteinspeisungssystemen möglich. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass der Feldspritzgeräte-Prototyp mit Direkteinspeisung in der Lage ist innerhalb des Arbeitsbereiches der Dosierpumpen mit hoher Dosiergenauigkeit flüssig formulierte Pflanzenschutzmittel per Direkteinspeisung teilflächenspezifisch und ohne Verzögerungszeiten zu applizieren. Im aktuellen Entwicklungsschritt muss die Bedienung und Anwenderfreundlichkeit des Prototyps vereinfacht werden. Hier sind bereits viele Informationen geflossen und umgesetzt, wie z.B. die Reduktion der Anzahl von Bedienterminals. Auch weitere Feldversuche auf Praxisflächen zur Demonstration der Praxistauglichkeit des Systems sind in der Durchführungphase.

4 Danksagung

Die Förderung des Vorhabens 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 des Programms zur Innovationsförderung. Unser Dank gilt den Kolleginnen und Kollegen der Institute für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz und für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland (Frau Behme, Frau Enger, Herr Littmann, Herr Feistkorn) des Julius Kühn-Instituts in Braunschweig für die Unterstützung bei der Versuchsdurchführung.

Literaturverzeichnis

- [FD15] Feistkorn, D., 2015: Feldversuche Direkteinspeisung 2015. Julius Kühn-Institut, Braunschweig, 2015.
- [NH06] Nordmeyer, H., 2006. Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz – Beitrag der teilflächenspezifischen Unkrautbekämpfung. Nachrichtenblatt des deutschen Pflanzenschutzdienstes, 58, 317-322.
- [WG00] Wartenberg, G., 2000: Teilflächenspezifisches Spritzen von Pflanzenschutzmitteln. Landtechnik 55, 438-439.

Cyber-physische Systeme in der Primärerzeugung von Agrarprodukten

Michael Polster¹

Abstract: Cyber-physische Systeme (CPS) bieten durch die Einbettung informationsverarbeitender Technologien in realen Objekten die Möglichkeit, dem Anwender maschinenseitig erfasste Daten echtzeitnah für unterschiedliche Bedürfnisse gefiltert und gezielt aufbereitet darzustellen, um die zur Prozessoptimierung erforderlichen Entscheidungen zu treffen. Im Beitrag wird ein Forschungsprojekt vorgestellt, in dem verschiedene CPS modelliert und am Beispiel der Ernte- und Transportlogistik im Praxiseinsatz optimiert werden. Basierend auf den erfassten Prozess- und Maschinendaten wird im weiteren Vorgehen ein digitaler Fußabdruck erstellt, der Informationen zur regionalen Herkunft, zur Einhaltung verschiedener Qualitätsparameter und zum Nachweis eines umweltverträglichen und nachhaltigen Produktionsverfahrens abbildet.

Keywords: Cyber-physische Systeme, Vernetzung, Prozessoptimierung, digitaler Fußabdruck

1 Einleitung und Zielstellung

Steigende Lohn- und Maschinenkosten, ein harter Wettbewerb um Ackerland und Arbeitskräfte, stagnierende Erzeugerpreise für Agrarprodukte auf den Weltmärkten: Das sind nur einige der Rahmenbedingungen, mit denen sich Landwirtschaftsbetriebe in Zukunft noch stärker auseinandersetzen müssen. Demgegenüber wächst das gesellschaftliche und politische Verlangen nach mehr Ressourcenschutz, besseren Tierhaltungsbedingungen sowie einer insgesamt umweltgerechteren und transparenteren Produktion. Die sich in diesem Kontext verändernden Betriebsstrukturen führen zu immer komplexer werdenden produktionstechnischen und logistischen Prozessen, erfordern gleichzeitig jedoch mehr Flexibilität und Anpassungsfähigkeit. Im vorliegenden Beitrag wird ein Forschungsprojekt der Technischen Universität Dresden vorgestellt, in dem verschiedene cyber-physische-Systeme (CPS) modelliert und am Beispiel der Ernte- und Transportlogistik im Praxiseinsatz optimiert werden. CPS ermöglichen durch die umfassende Integration von Elektronik und Informationstechnologien die Vernetzung verschiedener Maschinen, Anlagen und Standorte entlang der gesamten Prozesskette [HKK16]. Durch die kontinuierliche Dokumentation von Prozess- und Maschinendaten sollen Informationen gezielt einzelnen Beteiligten bereitgestellt und zur Optimierung von Handlungsentscheidungen genutzt werden [BKM14]. Gleichzeitig kann die ausführliche Datenaufzeichnung einen digitalen Fußabdruck für die verschiedenen landwirtschaftlichen Erzeugnisse abbilden. Dieser dient dazu, die Wertschätzung von Agrarprodukten zu steigern, indem er Informationen zur regionalen Herkunft, zur Einhaltung verschiedener

¹ Externer Doktorand, TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Professur Agrarsystemtechnik;
Multi-Agrar Claußnitz GmbH, Burgstädter Str. 97b, 09236 Claußnitz, michael.polster@multi-agrar.de

Qualitätsparameter und zum Nachweis eines umweltverträglichen und nachhaltigen Produktionsverfahrens sicher darstellt.

2 Potenziale von CPS in der Landwirtschaft

Cyber-physische-Systeme zeichnen sich aus durch die Einbettung informationsverarbeitender Technologien in physischen Objekten. Reale Objekte werden also mit virtuellen Objekten und Prozessen über offene, globale und jederzeit miteinander verbundene Informationsnetze verknüpft [Ac12]. Der Einsatz von CPS in der Primärerzeugung von Agrarprodukten bietet daher ein enormes Potenzial zur Optimierung von Prozessen, insbesondere zur Steigerung der Arbeitsproduktivität, aber auch zur Erhöhung der Produktqualität [Ru11]. Ein wesentlicher Ansatz liegt an dieser Stelle bei der Mensch-Maschinen-Kollaboration, wobei durch gezielte Aufbereitung und Visualisierung von Maschinendaten ein intuitives Assistenzsystem entsteht. Zu diesem trägt auch der Anwender unmittelbar bei. Als Teil der Interaktion und durch seine menschliche Fähigkeit zur Wissensassoziation kann er beispielsweise fragmentierte Daten vervollständigen [PD10]. Die auf mobilen Arbeitsmaschinen etablierten Systeme unterstützen zwar bereits die Ausgabe hoher Prozesskomplexitäten, sie bilden jedoch meist nur den Datenaustausch innerhalb des Maschine-Geräte-Systems ab. Der eigentliche Mehrwert entsteht erst durch Vernetzung, also die umfassende Integration von Elektronik und Informationstechnologien verschiedener Maschinen, Anlagen und Standorte untereinander zu cyber-physischen Systemen [HKK16]. Innerhalb solcher Systeme senden alle Teilnehmer Prozess- und Maschinendaten an einen zentralen Server, welcher diese zunächst algorithmisch zu aussagekräftigen Informationen aufbereitet und anschließend allen Prozessbeteiligten echtzeitnah zur Verfügung stellt. Dabei können die unterschiedlichen Informationsbedürfnisse vom operativen Anwender zum strategischen Leiter berücksichtigt und dargestellt werden. Abbildung 1 zeigt schematisch den Übergang von hierarchischen Strukturen zu CPS-basierten Vernetzungen. Es wird deutlich, dass die zur Prozessoptimierung erforderlichen Informationen nun direkt, unmittelbar und verlustfrei zwischen verschiedenen Entscheidungsträgern ausgetauscht werden können.

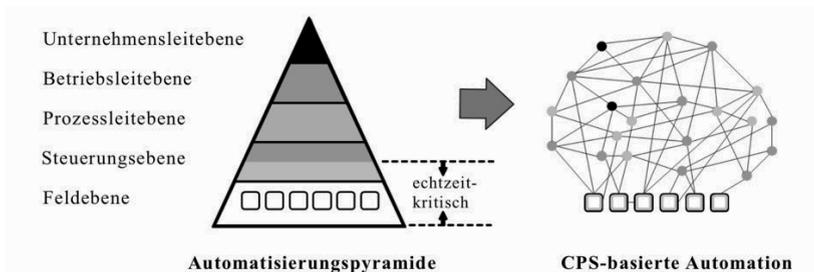


Abb. 1: Auflösung hierarchischer Pyramiden durch CPS[VD13]

3 Erfassung und Verarbeitung von Daten

Die aufgezeigten Potenziale von CPS sollen im Praxiseinsatz am Beispiel der Ernte- und Transportlogistik nachgewiesen werden. Dazu werden die Maschinen eines Landwirtschaftsbetriebes mit Datenloggern ausgestattet. An diesen sind Schnittstellen zum Einbinden verschiedener Sensorelemente vorbereitet. In der Box selbst arbeitet ein Linux-basiertes Betriebssystem. Mit Hilfe einer Konfigurationsdatei werden geloggte Messwerte auch bei Maschinen verschiedener Hersteller und mit teils unbekanntem CAN-Signalen in einem passenden Format ausgegeben [BKM14]. Diese Standardisierung der Ausgabedatei ist Voraussetzung für die Anwendung allgemein formulierter Auswertalgorithmen. Die Erfassung der hersteller- und maschinenunabhängigen Daten geschieht über möglichst wenige, konkret nur zwei, unterschiedliche Signalquellen. Zum einen das GPS-Signal und zum anderen die Informationen aus dem Maschinenbus der mobilen Arbeitsmaschine sowie die ISOBUS-Daten des Anbaugerätes. Zur geographischen Positionsbestimmung der Maschine ist eine aktive externe GPS-Antenne am Datenlogger angeschlossen. Diese mit einem Zeitstempel versehene Angabe dient als Grundlage und Führungsgröße aller weiteren geloggten Daten [BKM14]. Aus der Positionsveränderung einer mobilen Arbeitsmaschine lassen sich auch Informationen zur Beschleunigung und Geschwindigkeit der selbigen ableiten. An den Datenloggern befinden sich außerdem zwei CAN-Schnittstellen. Diese nehmen Daten vom Maschinenbus der mobilen Arbeitsmaschine auf. Um ausschließlich standardisierte Diagnosedaten zu analysieren, werden primär Signale des genormten Netzwerkprotokolls SAE J1939 und der ISO 11783 herangezogen [BKM14]. Die mit einer Frequenz von einer Sekunde aufgezeichneten Datensätze werden innerhalb des Loggers auf einer SD-Karte gespeichert. Gleichzeitig werden sie über die GSM-Mobilfunkanbindung auch an einen zentralen Server übertragen. Als Zielgröße für die Frequenz der Datenübertragung werden zunächst 30 Sekunden angestrebt. Je niedriger dieser Wert gewählt wird, umso realer kommen die aufbereiteten Informationen bei einem Informationsempfänger an. Dies setzt jedoch eine stabile mobile Internetverbindung voraus. Als Beispiel dafür, wie einzig aus Positions- und Maschinenbus-Daten relevante Informationen generiert werden können, sei die Arbeitszustandsanalyse eines Gülleausbringfahrzeuges vorgestellt:

Über die Standortanalyse lässt sich unmittelbar erkennen, ob sich die Maschine innerhalb oder außerhalb einer bekannten Feldgrenze befindet. Auch Aussagen zur Fahrgeschwindigkeit sind möglich. In Verbindung mit der am CAN-Bus verfügbaren Information zur Stellung des Heckhubwerks kann dann der Arbeitszustand abgeleitet werden. Je mehr prozessbezogene Daten innerhalb des cyber-physischen Systems zur Auswertung verfügbar sind, umso sicherer können exakte und zielführende Informationen generiert werden. Befindet sich eines der am Prozess der Gülleausbringung beteiligten Transportfahrzeuge beispielweise im Stillstand und in unmittelbarer Nähe zum Ausbringfahrzeug, so könnte dieser Zustand auf eine Arbeitspause hinweisen. Setzen beide Maschinen ihre Bewegung nach kurzer Zeit jedoch jeweils fort und deutete der Kraftstoffverbrauch auf eine zumindest teilweise Auslastung der Motoren hin, so hat während der Stillstandzeit wahrscheinlich ein Überladevorgang stattgefunden. Durch die Kombination und Vernetzung einzelner Daten zu vielfältigen Informationen können also je nach Bedarf und Ent-

scheidungskompetenz verschiedene Auswertungen wie Erntedaten, eigene und fremde Maschinendaten oder Energieverbräuche übermittelt werden.

4 Erwartete Ergebnisse und Ausblick

Die Entwicklung kann komplexe Prozess- und Maschinendaten algorithmisch analysieren und diese zum Zweck der Prozessoptimierung den verschiedenen Entscheidungskompetenzen innerhalb eines Unternehmens intuitiv darstellen. Durch die Integration cyber-physischer Systeme sind dabei alle prozessbeteiligten Maschinen, Geräte und Standorte miteinander vernetzt, sodass auch die entscheidungsrelevanten Informationen direkt und unmittelbar zur Verfügung stehen. Denkbare Anwendungsfelder der Entwicklung sind beispielsweise die Analyse der Maschinenauslastung, die Arbeitszustandsbetrachtung von Geräten und Erntefahrzeugen, die Optimierung einer Transportlogistik oder die Abbildung energetischer Stoffströme im Herstellungsprozess eines Agrarproduktes. Die Entwicklung trägt also dazu bei, die Primärerzeugung agrarischer Produkte insgesamt nicht nur wirtschaftlicher, sondern besonders auch nachhaltiger zu machen. Im weiteren Vorgehen werden die aufgezeichneten und ausgewerteten Datenströme eines Produktionsprozesses zum automatischen Generieren eines digitalen Fußabdrucks genutzt. Indem er Rückverfolgbarkeits- sowie Liefer- und Leistungsnachweisinformatio- nen darstellt [HKK16], kann die Wertschätzung von Agrarprodukten gesteigert werden.

Literaturverzeichnis

- [Ac12] Acatech-Deutsche Akademie der Technikwissenschaften: Agenda CPS-Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. In (Geisberger, E.; Broy, M., Hrsg.): Acatech Studie 2012. <http://www.acatech.de/?id=1405>, München/Garching, 2012.
- [BKM14] Brünnhäuser, J.; Knorr, T.; Meyer, H. J.: Herstellerunabhängiges System zur Prozess- und Maschinendatenanalyse, Landtechnik 69(4), S. 196-200, 2014.
- [HKK16] Herlitzius, T.; Krzywinski, J.; Knöfel A.: Mobile Maschinen werden zu Cyber Physikalischen Systemen-Kollaboration von Mensch und Maschine. 4. Internationales Commercial Vehicle Technology Symposium Kaiserslautern, 2016.
- [PD10] Preim, B.; Dachselt, R.: Interaktive Systeme. Band 1: Grundlagen, Graphical User Interfaces, Informationsvisualisierung. 2. Auflage. Springer-Verlag, Heidelberg, 2010.
- [Ru11] Rusch, C.: Untersuchung der Datensicherheit selbstkonfigurierter Funknetzwerke im Bereich von mobilen Arbeitsmaschinen am Beispiel der Prozessdokumentation. Dissertation. TU Berlin, 2011.
- [VD13] VDI/VDE-Gesellschaft: Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation. https://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme_Cyber-Physical_Systems.pdf, S. 4, 2013.

Wirtschaftlichkeit der teilweisen Vermarktung landwirtschaftlicher Produkte direktvermarktender Betriebe über eine Food Assembly*

Guido Recke¹, Hanna Strüve¹, Maria Gerdesmeyer¹ und Nadja Klimaschewski¹

Abstract: In der Direktvermarktung hat sich in den letzten Jahren mit dem Vermarktungskonzept der Food Assembly ein neuer Online-Vermarktungsansatz ausgehend von Frankreich etabliert, der inzwischen auch in einigen deutschen Großstädten wie Berlin, Köln und München und auch in kleineren Städten wie Osnabrück zu finden ist. Für einen direktvermarktenden Betrieb stellt sich die Frage, ob die Vermarktung über eine Food Assembly auch wirtschaftliche Vorteile gegenüber anderen Vermarktungsformen bietet. Anhand eines exemplarischen Direktvermarktungsbetriebes wurden Analysen durchgeführt, die zeigen, dass auch für in die Direktvermarktung einsteigende Betriebe dieser neue Vermarktungsansatz direkte und indirekte wirtschaftliche Vorteile gegenüber anderen Vermarktungsformen wie z. B. den Verkauf an den Großhandel bieten kann.

Keywords: Food Assembly, Direktvermarktung, Wirtschaftlichkeitsanalysen, Onlinevermarktung

1 Einleitung

Herkömmliche Regional- und Direktvermarktungsformen zeigen deutliche Defizite im Bereich Verteilungslogistik, interne Vernetzung [Bu13] aber auch in Bezug auf Produktkommunikation und Konsumentenansprache [Ha10]. Der Vertrieb über das Internet kann sich bei den primären Zielgruppen der regionalen Direktvermarktung bisher nur begrenzt durchsetzen. An dieser Schnittstelle setzt das Modell Food Assembly an, das versucht, das Einkaufserlebnis und den Vertrauensvorschluss regionaler Produkte mit den technologischen Vorteilen der Online-Bestellung zu verknüpfen. An einer Food Assembly sind ein Internetdienstleister, ein sogenannter „Gastgeber“ der Food Assembly am Standort, Direktvermarkter und die Kunden beteiligt. Der Internetdienstleister betreibt die Internetplattform und wickelt u. a. für die Direktvermarkter und Kunden den Kauf über das Internet ab. Für die Aufwendungen erhält der Internetdienstleister 8,35 % vom Umsatz, der über die Food Assembly gehandelten Produkte. Der Kunde bestellt dabei über diese Plattform seine Waren bei verschiedenen Direktvermarktern, die an der lokalen Food Assembly teilnehmen, und bezahlt dem Direktvermarkter diese Waren vorab. Seine gekauften Waren holt der Kunde zu einer von der regionalen Food Assembly festgesetzten Zeit am dafür vorbereiteten Abholort bei der lokalen Food Assembly bei den dort bereitstehenden Direktvermarktern ab. Dieses organisiert lokal der sogenannte „Gastge-

¹ Hochschule Osnabrück, Fachgebiet Landwirtschaftliche Betriebswirtschaftslehre, Oldenburger Landstr. 24, 49090 Osnabrück, g.recke@hs-osnabrueck.de

* <https://foodassembly.de/>

ber“. Nach dem Geschäftsmodell der Food Assembly bekommt dieser ebenfalls 8,35 % vom Umsatz der verkauften Direktvermarktungsprodukte als Ausgleich für seine Aufwendungen. Von den Initiatoren der Food Assembly wird angestrebt, dass sich am Ort der lokalen Food Assembly mit vielen Gesprächen zwischen den Beteiligten ein Einkaufserlebnis und sich so neben vielen Vorteilen für Direktvermarkter und Kunden diese internetbasierte Form der Direktvermarktung mit vertrauensvollen regionalen Produkten entwickelt.

2 Methodischer Ansatz

Für einen beispielhaften landwirtschaftlichen Direktvermarktungsbetrieb mit Speisekartoffeln als wichtiges Direktvermarktungsprodukt [Re04] sind Analysen durchgeführt worden, um die Frage zu beantworten, ob eine Beteiligung an einer Food Assembly für einen direktvermarktenden Betrieb wirtschaftlich sinnvoll ist und die zusätzlichen Kosten für die Teilnahme an dieser Vermarktungsform und weitere Kosten wie z. B. Transportkosten zur Food Assembly, gedeckt werden können. In diesem Beitrag wird hierzu exemplarisch eine Kosten-Leistungsrechnung für die Vermarktung von 6 ha Speisekartoffeln über drei Vermarktungsmöglichkeiten erstellt. Dabei werden Ergebnisse einer gemischten Vermarktung mit mehreren Vermarktungsformen aufgezeigt. Die Berechnungen basieren auf Durchschnittspreisen der Jahre 2007 bis 2015 für abgesackte Kartoffeln bei der Vermarktung im Hofladen und über die Food Assembly sowie einer Losevermarktung an den Großhandel und weiteren Durchschnittswerten aus KTBL-Daten zur Direktvermarktung, Produktionsdaten der Landwirtschaftskammer Niedersachsen und weitere Vermarktungskosten wie z. B. Transportkosten und Kosten, die für die Beteiligung an der Food Assembly anfallen.

3 Ergebnisse

Erste Untersuchungsergebnisse zeigen, dass eine Food Assembly als Vermarktungsform für einen Direktvermarkter, hier am Beispiel der Direktvermarktung von Kartoffeln, wirtschaftlich interessant sein kann. Wenn es einem Direktvermarkter gelingen würde, seine Kartoffeln vollständig über eine Food Assembly statt über Hofladen und Großhandel zu verkaufen, würde er in dem hier gewählten Beispiel mit fast 20.360,- ein höheres kalkulatorisches Betriebszweigergebnis erzielen, als wenn er seine Kartoffeln ausschließlich über den Hofladen (16.700,-) oder den Großhandel (-16.725,-) vermarkten würde.

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse auf Basis des kalkulatorischen Betriebszweigergebnisses dargestellt, bei der die Speisekartoffeln zu 70 % über einen Hofladen und zu 30% über den Großhandel vermarktet werden. Insgesamt ist diese Vermarktung durchaus wirtschaftlich. Wenn aber die Vermarktung über den Großhandel durch eine Vermark

ung über eine Food Assembly ersetzt werden könnte, würde sich das Ergebnis für den Direktvermarkter, wie in Tabelle 2 dargestellt, deutlich verbessern.

Anteile der Vermarktung	70%		0%		30%	
Leistungsart / Kostenart	Hofladen		Food Assembly		Großhandel	
	EUR	EUR/ha	EUR	EUR/ha	EUR	EUR/ha
∑ Leistungen	85.906,34	20.453,89	0,00	0,00	12.705,70	7.058,72
∑ Direktkosten	9.203,59	2.191,33	0,00	0,00	3.262,12	1.812,29
Direktkostenfreie Leistung	76.702,76	18.262,56	0,00	0,00	9.443,58	5.246,43
∑ Arbeiterledigungskosten	53.819,80	12.814,24	0,00	0,00	9.911,54	5.506,41
DakfL ²	22.882,96	5.448,32	0,00	0,00	-467,96	-259,98
∑ Gebäudekosten	8.195,81	1.951,38	0,00	0,00	2.432,49	1.351,38
∑ Flächenkosten	4.289,84	1.021,39	0,00	0,00	1.838,50	1.021,39
∑ Allgemeine Kosten	649,74	154,70	0,00	0,00	278,46	154,70
∑ Kosten	76.158,78	18.133,04	0,00	0,00	17.723,12	9.846,18
Kalk. BZE ³	9.747,57	2.320,85	0,00	0,00	-5.017,41	-2.787,45

Tab. 1: Wirtschaftlichkeit einer gemischten Vermarktung von Speisekartoffeln ohne Food Assembly (70 % Hofladen, 0 % Food Assembly, 30 % Großhandel)

Anteile der Vermarktung	70%		30%		0%	
Leistungsart / Kostenart	Hofladen		Food Assembly		Großhandel	
	EUR	EUR/ha	EUR	EUR/ha	EUR	EUR/ha
∑ Leistungen	85.906,34	20.453,89	36.817,00	20.453,89	0,00	0,00
∑ Direktkosten	9.203,59	2.191,33	10.012,41	5.562,45	0,00	0,00
Direktkostenfreie Leistung	76.702,76	18.262,56	26.804,59	14.891,44	0,00	0,00
∑ Arbeiterledigungskosten	53.819,80	12.814,24	16.941,79	9.412,10	0,00	0,00
DakfL ²	22.882,96	5.448,32	9.862,80	5.479,34	0,00	0,00
∑ Gebäudekosten	8.195,81	1.951,38	2.432,49	1.351,38	0,00	0,00
∑ Flächenkosten	4.289,84	1.021,39	1.838,50	1.021,39	0,00	0,00
∑ Allgemeine Kosten	649,74	154,70	278,46	154,70	0,00	0,00
∑ Kosten	76.158,78	18.133,04	31.503,65	17.502,03	0,00	0,00
Kalk. BZE ³	9.747,57	2.320,85	5.313,35	2.951,86	0,00	0,00

Tab. 2: Wirtschaftlichkeit einer gemischten Vermarktung von Speisekartoffeln ohne Food Assembly (70 % Hofladen, 30 % Food Assembly, 0 % Großhandel)

² DakfL = Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung

³ Kalk. BZE = kalkulatorisches Betriebsergebnis

Weitere Ergebnisse mit geringeren Food Assembly Vermarktungsanteilen zeigen, dass z. B. auch eine nur 10%-ige Vermarktung über eine Food Assembly Vorteile für den Direktvermarkter bietet, da diese Art der Vermarktung insbesondere mit geringen Festkosten verbunden ist. Im Einzelfall ist aber zu prüfen, ob Transportkosten und zeitlicher Aufwand sich rechnen. Insgesamt kann eine Direktvermarktung für einsteigende Betriebe und Betriebe mit einer preislich weniger wirtschaftlichen Vermarktung, über beispielsweise den Großhandel, wirtschaftlich sein. Einige Direktvermarkter versprechen sich außerdem durch die Beteiligung an einer Food Assembly positive Nebeneffekte. Viele gehen davon aus, dass sie so auch weitere Kunden für Ihre Direktvermarktung gewinnen können. Ergänzende Simulationsanalysen [Ha04] zeigen in Vorstudien, dass vor allem der Marktpreis der gesackten Kartoffeln einen bedeutenden Einfluss auf das wirtschaftliche Ergebnis hat. Die Teilnahmegebühr der Food Assembly und die Lohnkosten der Fremd-AK für entweder einen Hofladen oder die Food Assembly wirken sich weniger auf das wirtschaftliche Ergebnis des Direktvermarkters aus.

4 Fazit

In diesem Beitrag wird in ersten Analysen die Wirtschaftlichkeit der Direktvermarktung für eine Food Assembly am Beispiel der Vermarktung von Speisekartoffeln untersucht. Dabei wird ermittelt, wie sich die wirtschaftlichen Ergebnisse in einem Mix von verschiedenen Vermarktungsformen verändern. Es zeigt sich, dass die Food Assembly eine gute Ergänzung für Direktvermarktungsbetriebe sein kann und wegen der niedrigen Festkosten für Einsteiger und Betriebe mit einem hohen Anteil Großhandelsvermarktung Vorteile bieten kann. Für die Zukunft sind weitere Analysen und empirische Erhebungen vorgesehen, um diese ersten Ergebnisse auch bei anderen Produkten und Vermarktungsformen wie z. B. Wochenmärkte zu validieren.

Literaturverzeichnis

- [Bu13] Burandt, A.; Lang, F.; Schrader, R.; Thiem, A. (2013): Working in Regional Agro-food Networks – Strengthening Rural Development through Cooperation. *Eastern European Countryside* 19, 153–176.
- [Ha04] Hardaker, J.B.; Huirne, R.B.M.; Anderson, J.R.; Lien, G. (2004): *Coping with Risk in Agriculture* (2nd ed.). CABI Publishing, Oxfordshire.
- [Ha10] Hasan, Y. (2010) Kundenzufriedenheit bei der Direktvermarktung landwirtschaftlicher Produkte in Deutschland. Dissertationsschrift. <https://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/binary/HERHUOQNKB7Q2BTKHGBFWISECADJ62YK/full/1.pdf>.
- [Re04] Recke, G., Zenner, S., B. Wirthgen (2004): Situation und Perspektiven der Direktvermarktung in der Bundesrepublik Deutschland, Schriftenreihe des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Reihe A: Angewandte Wissenschaften, Heft 501, Landwirtschaftsverlag, Münster.

Navigation und Personenschutz mit Radar bei einem automatischen Fütterungssystem

Matthias Reger^{1,2}, Heinz Bernhardt¹ und Jörn Stumpenhausen²

Abstract: Die Milchwirtschaft des 21. Jahrhunderts ist geprägt durch eine zunehmende Volatilität des Milchpreises. Die Liquidität und Stabilität vieler Landwirtschaftlicher Betriebe ist dadurch stark gefährdet. Ein Weg der Effizienzsteigerung ist die Automatisierung von Routinearbeiten, z. B. die Brunstüberwachung, das Melken, die Laufflächenreinigung oder das Futteranschieben. Bei automatischen Fütterungssystemen (AFS) sind derzeit Systeme mit stationären Systemteilen am häufigsten vertreten [NG09]. Diese Systeme sind mit großem baulichem Aufwand verbunden und daher teuer in Anschaffung und Unterhalt. Zudem wird für die Futtervorlage in Altgebäuden eine kompakte Zweitmechanisierung benötigt. Auf Basis des selbstfahrenden, elektrisch betriebenen Futtermischwagens (FMW) TruckLine der Firma Mayer Maschinenbaugesellschaft mbH (Siloking) wird ein AFS entwickelt, das neben der manuellen Bedienbarkeit auch eine Funktion zur automatisierten, fahrerlosen Futtervorlage bietet.

Keywords: automatisches Fütterungssystem, AFS, Milchvieh, Futtervorlage

1 Einleitung

Der Landwirt des 21. Jahrhunderts ist zur Rationalisierung und Effizienzsteigerung gezwungen. Die Automatisierung von Arbeitsroutinen wird bereits in vielen Bereichen genutzt. Mit dem zweithöchsten täglichen Arbeitszeitbedarf nach dem Melken bietet die Fütterung ein hohes Potential zur Optimierung, das bislang nur wenig durch Automatisierung genutzt wird. Mit automatischen Fütterungssystemen kann Arbeitszeit flexibilisiert und eingespart und das Leistungspotential von Milchviehherden besser ausgenutzt werden. Ziel des Verbundforschungsvorhabens, der Technischen Universität München (TUM) und der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT) in Zusammenarbeit mit der Mayer Maschinenbaugesellschaft mbH, ist die Entwicklung und Konstruktion eines elektrisch angetriebenen, selbstfahrenden Futtermischwagens, der automatisch Futter vorlegen kann.

2 Material und Methoden

Für das automatische Fütterungssystem Truckline© wurde zunächst ein Funktions- und Konstruktionskonzept erarbeitet. Der FMW kann manuell durch einen Fahrer zum Mi-

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, D-85354 Freising, Deutschland, heinz.bernhardt@wzw.tum.de, matthias.reger@tum.de

² Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, joern.stumpenhausen@hswt.de

schen, Transportieren und Ausdosieren genutzt werden und autonom (ohne Fahrer) selbstständig über den Futtertisch fahren und mehrmals am Tag das Futter frisch vorlegen. Die Truckline© entspricht somit der Automatisierungsstufe 1 „Automatische Futtervorlage“ nach [Ha13]. Des Weiteren wurden drei Betriebsarten definiert:

1. Manueller Betrieb (Standard): Maschine wird durch Person bedient und gefahren.
2. Stallautomatik (Optional): Die Maschine wurde beladen und wird durch eine Person auf dem Futtertisch abgestellt. Die Maschine fährt nach definierten Vorgaben durch den Stall und füttert/schiebt unterschiedliche Mengen Futter an vorgegebene Gruppen nach.
3. „Follow Me“- Funktion bzw. Silotransportfahrt (Optional): Variante 1; Die Maschine folgt einem Führungsfahrzeug (elektronische Deichsel an Befüllfahrzeug). Variante 2; Die Maschine fährt auf Ruf (über Funk, WLAN, etc.) zu den Siloanlagen (Vordefinierte Befüllpunkte), lässt sich befüllen und fährt selbstständig zurück in die Parkstation zum Mischen.

Im Navigations- und Personenschutzkonzept von besonderer Bedeutung sind die Umweltbedingungen, die die automatisierte Maschine im landwirtschaftlichen Umfeld erwarten. Technik-Lösungen, wie etwa Laserscanner, können aufgrund ihrer Eigenschaft als Optisches System unter sehr widrigen Witterungen keine Funktionsfähigkeit garantieren [AHR15]. Die Radartechnologie, bekannt aus der Automobilbranche, ist unempfindlich gegenüber Regen, Nebel, Schnee, Staubverschmutzungen und hat keine Ansprüche an Belichtungsverhältnisse [Ca15]. Zur Navigation muss der Radarsensor, ähnlich einem Laserscanner, seine Umgebung möglichst genau kartieren. Dies wurde bisher aufgrund schlechter Winkel- als auch Distanzauflösungsvermögen limitiert [Ca15]. Mittlerweile sind jedoch in der Radartechnologie Entwicklungen zu verzeichnen, die den Anforderungen derartiger Navigationsaufgaben gewachsen sind. In Vorversuchen konnte die Unempfindlichkeit der Radartechnologie gegenüber Nebel bestätigt werden. Für den in diesem Artikel beschriebenen Test wurde die Radarsensorik erstmals drehend gelagert als Scanner verwendet. Von verschiedenen Räumlichkeiten konnten mit dem Prototypen erstmalig Konturen erfasst und visualisiert werden.

3 Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt die Visualisierung der Daten des Radarscanners. Die Auswertung der Messdaten wurde in diesem Versuch nur bis zu einer Distanz von 3,5 m gemacht. Es konnten in dieser Distanz drei Wände, ein Tisch und eine Person erkannt werden. Die hellen Bereiche signalisieren eine hohe Reflexionsintensität, was auf Gegenstände schließen lässt. Bewegungen von Personen konnten in Echtzeit nachvollzogen werden und in den Daten ließen sich Richtung und Geschwindigkeit der Bewegung ermitteln. Wo hierbei die maximal erfassbare Geschwindigkeit von Objekten liegt, hängt stark von zwei Faktoren ab. Zum einen von der Bewegungsrichtung des Objektes in Bezug auf die

Sensorik, zum anderen von der Updaterate der Messungen. Mit Zunahme der Messungen pro Umdrehung (pro 360 Grad) steigt die Genauigkeit der Kartierung durch eine feiner werdende Winkelauflösung. Gleichzeitig aber sinkt die Updaterate der Messungen, da mehr Messungen pro Umdrehung bei gleichbleibender Datenerzeugungsleistung gemacht werden. Aussagen hierzu sind aufgrund der sich im Entwicklungsstadium befindlichen Sensorik nicht möglich. Betreffend eines Einsatzes für den Personenschutz eignet sich die derzeitige Scanner-Konfiguration nur bedingt, da der vertikale Erkennungswinkel bei nur etwa 10 bis 12 Grad liegt. Mit einer anderen dielektrischen

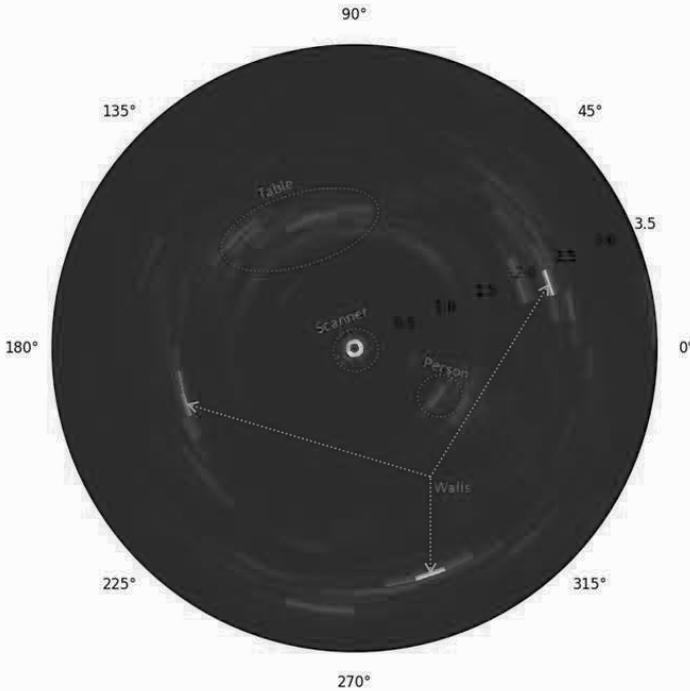


Abb. 1: Die visualisierten Umgebungsinformationen des Radarscanners. In der ersten Entwicklungsstufe wurde eine Winkelauflösung von ca. 7,5 Grad erreicht.

Linse könnte der Öffnungswinkel beträchtlich erhöht werden. Zudem könnte eine schlechtere Winkelauflösung gewählt und so die Updaterate der Messungen drastisch erhöht werden. Somit wäre eine schnelle und auch flächendeckende Detektion von liegenden, niedrigen Objekten auch im Fahrzeugnahbereich möglich.

Bei einer sogenannten Teach-In-Fahrt (engl. „to teach“ = lehren, beibringen) wird das Fahrzeug manuell durch die Bereiche der späteren Spurführung gesteuert. Dabei erstellt das System aus den Messdaten des Radarscanners eine digitale Karte seiner Umgebung. In dieser Karte kann das Fahrzeug durch Kombination der Informationen der inertialen Messeinheit und des Radarscanners seine Ausrichtung und Position bestimmen. Im Steuerungsprogramm können nun beliebige Routen in dieser Karte vorgegeben und vom

Fahrzeug automatisch wiederholt werden. Veränderungen des Fahrzeugumfelds sind bis zu einem bestimmten Grad problemlos, sofern das digitale Kartenmaterial viele markante Orientierungspunkte beinhaltet. Um diesem Problem weitestgehend entgegen zu können, wäre die Positionierung des Navigationsscanners an exponierter Stelle am Fahrzeug denkbar. Erfahrungsgemäß befinden sich diese Bereiche außerhalb des direkten menschlichen Einflussbereiches und werden dahingehend seltener verfremdet.

4 Ausblick

Die Vorteile der Radartechnologie gegenüber der Lastertechnologie bei widrigen Umständen sind zunächst auf die physikalischen Eigenschaften der Messmethodik zurückzuführen. Die Radartechnologie nutzt elektromagnetische Wellen, die von elektrisch leitenden Körpern reflektiert werden. Durch eine Erhöhung der Winkelauflösung und Updaterate beim Radarscanner kann die Kartierung der Umgebung detaillierter und die Detektion von Objekten im Gefahrenbereich zuverlässiger erfolgen. Kann die Hardware die gesetzten Ziele erreichen ist die Radartechnologie eine sehr gute Option für Navigations- und Personenschutzaufgaben.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich beim Bayerischen Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst (StMBW) für die Ermöglichung des Forschungsprojektes „Multi-Use AFS“ und bei der Mayer Maschinenbaugesellschaft mbH als Projektpartner.

Literatur

- [AHR15] Adeili, S., Haidn, B. und M. Robert (2015): Entwicklung eines Steuerungsmoduls zur autonomen Führung eines Selbstfahrer-Futtermischwagens. In: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung (BTU), KTBL-Tagungsband der 12. BTU-Tagung, September 2015, Freising.
- [Ca15] Cacilo, A., Schmidt, S., Wittlinger, P., Hermann, F., Bauer, W., Sawade, O., Doderer, H., Hartwig, M. und V. Scholz (2015): Hochautomatisiertes Fahren auf Autobahnen – Industriepolitische Schlussfolgerungen. Dienstleistungsprojekt 15/14 des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), vom 18.11.2015, Seite 50.
- [Ha13] Haidn, B., Macuhova, J., Maier, S. und R. Oberschätzl (2013): Automatisierung in der Milchviehhaltung in Beständen bis 200 Kühen. In: Wissenschaftliche Gesellschaft der Milcherzeugerberater e.V., Deutschland, Tagungsband der 14. WGM Tagung, September 2013, Kiel
- [NG09] Nydegger, F., und A. Grothmann, (2009): Automatische Fütterung von Rindvieh. ART-Berichte, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Nr. 710.

Ein wirtschaftliches Ausgleichssystem für regionale Regelenergie-Leistungen virtueller Biogas-Verbundkraft- werke

Daniel Schirmer¹, Chris Eicke², Marco Iezzi³, Andreas Daum⁴ und Manfred Krause⁵

Abstract: Der zukünftig steigende Bedarf an Bereitstellung von Regelenergie aus regenerativen Kraftwerken sowie sinkende EEG-Tarifstrukturen im Bereich Biogas führen zur Notwendigkeit einer Entwicklung alternativer Betriebs- und Vergütungsmodelle. Der vorliegende Beitrag skizziert ein wirtschaftliches Ausgleichssystem für virtuelle Biogas-Verbundkraftwerke. Es beschreibt, welche Kosten und Erlöse in virtuellen Biogas-Verbänden generiert werden, sofern diese teilautomatisiert und auf die regionale Netzstabilität fokussiert betrieben werden. Das wirtschaftliche Ausgleichssystem ist ein Teil des im Forschungsvorhaben VKV Netz zu entwickelnden Steuerungssystems für virtuelle Biogas-Verbundkraftwerke (<http://kvvnetz.de>).

Keywords: Wirtschaftlichkeit, Biogas, Erneuerbare Energien, Regelenergie, Automation

1 Motivation und Zielsetzung

Mit zunehmendem Anteil erneuerbarer Energien an der Stromproduktion Deutschlands wächst in ähnlichem Maße der Bedarf an der Bereitstellung von Regelenergie durch regenerative Kraftwerke. Bei Regelenergie handelt es sich um energetische Kontingente, die zum Ausgleich von Frequenzschwankungen im deutschen und europäischen Stromnetz vorgehalten werden. Die Regelenergie wird gesondert zum klassischen Strom an der Strombörse EPEX in verschiedenen Qualitätsstufen gehandelt, die sich vorwiegend durch ihre zeitliche Verfügbarkeit unterscheiden [A15].

Im Bereich der erneuerbaren Energien ist die Biogastechnologie mehr als alle anderen Technologien der erneuerbaren Energien für die Bereitstellung von Regelenergie geeignet. Dies ist vorwiegend der zeitlichen Entkopplungsmöglichkeit von Stromproduktion und Gasproduktion geschuldet. Näheres siehe auch [E17].

¹ Hochschule Hannover, Fakultät IV – Wirtschaft und Informatik, Abteilung Betriebswirtschaft, Ricklinger Stadtweg 120, 30459 Hannover, daniel.schirmer@hs-hannover.de

² Hochschule Hannover, Fakultät IV – Wirtschaft und Informatik, Abteilung Wirtschaftsinformatik, Ricklinger Stadtweg 120, 30459 Hannover, chris.eicke@hs-hannover.de

³ Hochschule Hannover, Fakultät IV – Wirtschaft und Informatik, Abteilung Betriebswirtschaft, Ricklinger Stadtweg 120, 30459 Hannover, marco.iezzi@hs-hannover.de

⁴ Hochschule Hannover, Fakultät IV – Wirtschaft und Informatik, Abteilung Betriebswirtschaft, Ricklinger Stadtweg 120, 30459 Hannover, andreas.daum@hs-hannover.de

⁵ Hochschule Hannover, Fakultät IV – Wirtschaft und Informatik, Abteilung Wirtschaftsinformatik, Ricklinger Stadtweg 120, 30459 Hannover, manfred.krause@hs-hannover.de

Ziel des Forschungsvorhabens VKV Netz ist die Entwicklung eines Steuerungssystems für den teilautomatisierten Betrieb virtueller Biogas-Verbundkraftwerke im Zeitraum 01.01.2016 bis 31.12.2018. Die oberste Prämisse des Steuerungssystems ist dabei – entgegen der Zielsetzung bestehender Direktvermarktungsmodelle – nicht die Maximierung der Wirtschaftlichkeit des einzelnen Standorts, sondern der Erhalt der Stromnetzstabilität, in dem sich das Verbundkraftwerk befindet. Das Forschungsvorhaben wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert (Förderkennzeichen 0325943A) und hat ein Projektvolumen von etwa EUR 1,1 Mio. Nähere Informationen zum Forschungsvorhaben sind unter <http://vkvnetz.de> abrufbar. Eine vertiefte Darstellung findet sich auch in [E17].

Werden Biogasanlagen in Verbänden zentral gesteuert, stellt sich die Frage nach dem Umgang mit den wirtschaftlichen Auswirkungen der Steuerbefehle – insbesondere dem Umgang mit Leistungsreduktion oder vollständiger Abschaltung einzelner Anlagen. Der vorliegende Beitrag skizziert ein monetäres Ausgleichsmodell für netzorientierte, virtuelle Biogas-Verbundkraftwerke.

2 Aufbau des monetären Ausgleichssystems

Der grundsätzliche Aufbau des VKV Netz Steuerungssystems ist in Abbildung 1 dargestellt.

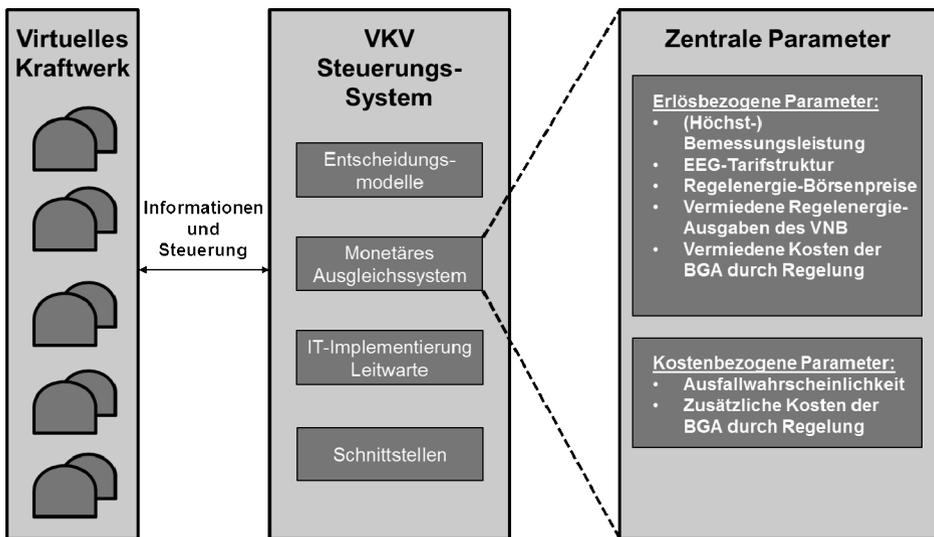


Abbildung 1: Aufbau des Steuerungssystems und zentrale Parameter des monetären Ausgleichssystems

Das Steuerungssystem setzt sich aus vier Komponenten zusammen: Entscheidungsmodelle beschreiben Regeln zum Umgang mit den relevanten Steuerungsparametern. Eine Leitwarte stellt die IT-Implementierung der Modelllandschaft dar und bildet die zentrale Steuerungseinheit des Systems. Schnittstellen dienen dem Austausch von Informationen und Steuerungsbefehlen an das Umsystem. Das monetäre Ausgleichssystem beschreibt die wirtschaftlichen Auswirkungen möglicher Steuerungsbefehle der Leitwarte und fungiert damit als entscheidungsunterstützendes Modell. Es beschreibt, welche Vergütungen einzelne Teilnehmer des virtuellen Kraftwerks für die passive oder aktive Teilnahme am Verbundkraftwerk erhalten. Als zentrale Rechenparameter sieht das monetäre Ausgleichssystem zwei Kategorien vor: Erlösbezogene Parameter und kostenbezogene Parameter, die nachfolgend kurz beschrieben werden:

Die erlösbezogenen Parameter beschreiben, welche Erlöse durch mögliche Steuerungsbefehle des Systems im gesamten Verbundkraftwerk generiert werden. Zum jetzigen Zeitpunkt spielt hierbei insbesondere die EEG-Vergütung eine Rolle. Aus Sicht des gesamten Verbundkraftwerks sollten tendenziell jene Anlagen abgeschaltet werden, die eine niedrige EEG-Vergütung haben, da die entgangenen EEG-Erlöse entsprechend auf das Verbundkraftwerk umzulegen sind. Von hoher Bedeutung ist dabei auch die im EEG 2014 eingeführte Höchstbemessungsleistung, nach der die Vergütung des durch Biogasanlagen produzierten Stroms nur noch für maximal 95% der vor dem 01.08.2014 installierten Leistung erfolgt [EEG14, B16]. Wurden in einer Anlage etwa im September bereits 80% des mit EEG-Vergütungsanspruch behafteten Stroms produziert, wird diese Anlage tendenziell bevorzugt im Zuge der Regelung abzuschalten sein. Als weiterer wichtiger Parameter sind die Börsenpreise für Regelenergie als Erlös Komponente zu nennen. Sofern ein börsenunabhängiges Regelenergiesystem etabliert wird, sind die vermiedenen Regelenergieausgaben an der Börse als Erlöse anzusetzen. Als letzter zentraler Erlös-Parameter werden die standortindividuell zu erfassenden, vermiedenen variablen Kosten eines Biogas-Standorts berücksichtigt. Hierbei ist vorwiegend der vermiedene Gasverbrauch im Fall von negativer Regelenergie – d. h. Abschaltung bzw. Drosselung von Blockheizkraftwerken – zu nennen.

Die kostenbezogenen Parameter beschreiben, welche Kosten durch mögliche Steuerungsbefehle des VKV Steuerungssystems ausgelöst werden. Wird etwa Regelenergie eingeplant bzw. angeboten, die im Bedarfsfall nicht bereitgestellt wird, besteht ein Bedarf am börsenorientierten Zukauf von Regelenergie oder aber an der Umsetzung alternativer Steuerungsmöglichkeiten mit wirtschaftlich negativen Implikationen. Insofern ist die Zuverlässigkeit der einzelnen Kraftwerke im Verbundkraftwerk von hoher Relevanz. Als weitere wichtige Parameter sind die zusätzlichen Kosten zu nennen, die einem Standort bzw. dem Verbundkraftwerk durch Ausführung von bestimmten Steuerbefehlen entstehen. Dies können u. a. sein: Zusätzlicher Rohstoff- bzw. Gasverbrauch, erhöhte Abnutzung durch häufige Motorenstarts und ineffizientere Gasverbrennung im gedrosselten Motorenbetrieb.

Die skizzierten Parameter führen durch Auswertung des monetären Ausgleichssystems einerseits zu einer Übersicht der gesamten Kosten- und Erlös-Implikationen von Steue-

rungsbefehlen. Andererseits wird über Verrechnungsschlüssel ein anlagenspezifischer Erlös berechnet. Die Ergebnisse des monetären Ausgleichssystems stellen eine zentrale Entscheidungsgrundlage der Leitwarte dar. Ziel ist die Sicherstellung der Stromnetzstabilität bei maximaler Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems unter Einhaltung der technischen und sonstigen Restriktionen der einzelnen Biogas-Standorte.

3 Ausblick

Das vorgestellte monetäre Ausgleichssystem kann einen Beitrag zur wirtschaftlichen Realisierbarkeit von netzorientierten Steuerungssystemen für virtuelle Biogas-Verbundkraftwerke leisten. Insbesondere unter Anbetracht der zukünftig unsicheren Vergütungssituation im Segment der erneuerbaren Energien sowie der zeitlich limitierten EEG-Förderung von 20 Jahren können auf Regelenergie basierende Vergütungsmodelle Zukunftsoptionen für die landwirtschaftsnahe Biogastechnologie darstellen – umso mehr, sofern die im EEG 2017 [EEG2017] vorgesehenen Ausschreibungsmodelle zukünftig Bestand haben.

Die Fertigstellung der Entwicklung des monetären Ausgleichssystems ist für Mitte 2017 vorgesehen. Die Pilotierung des Gesamtsystems beginnt im Oktober 2017 an verschiedenen assoziierten Biogas-Standorten.

Literaturverzeichnis

- [A15] Adigbli, P.: Direktvermarktung der erneuerbaren Energien an der Europäischen Strombörse. Online verfügbar unter: https://www.epexspot.com/document/30664/20150219%20DFBEE_EPEX_SPOT_Direktvermarktung_EE_in_Deutschland_und_Frankreich.pdf. Letzter Abruf: 01.12.2016.
- [B16] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: EEG in Zahlen. Vergütungen, Differenzkosten und EEG-Umlage 2000 bis 2017. Stand: 14.1.2016. Online verfügbar unter: <http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/eeg-in-zahlen-pdf>, Abruf am 30.11.2016.
- [E17] Eicke, C.; Schirmer, D.; Iezzi, M.; Daum, A.; Krause, M.: Ein Steuerungssystem für den netzorientierten Betrieb virtueller Biogas-Verbundkraftwerke. In (Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft e. V., Hrsg.): Digital Transformation, Referate der 37. GIL-Jahrestagung, Bonn, Lecture Notes in Informatics (LNI) – Proceedings, o. S., Bonn, 2017.
- [EEG14] EEG 2014. Erneuerbare-Energien-Gesetz. Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien in der Fassung vom 01.08.2016.
- [EEG17] EEG 2017. Gesetz zur Einführung von Ausschreibungen für Strom aus erneuerbaren Energien und zu weiteren Änderungen des Rechts der erneuerbaren Energien. Fassung vom 08.07.2016.

Anforderungen an Datenfusion und digitale Transformation innerhalb eines auf Einzeltierkennzeichnung basierten Informations- und Kommunikationssystems für Schweinefleisch-erzeugende Ketten

Jonas Stein¹, Julia Steinhoff-Wagner¹, Onur Bozkurt¹, Susanne Lehnert² und
Brigitte Petersen^{1,2}

Abstract: Bislang fehlen geeignete Unternehmens-übergreifende Konzepte für das Datenmanagement, um innovative Technologien auch in der Schweinefleisch-erzeugenden Kette zu etablieren. Ziel einer Brancheninitiative ist es daher, sowohl auf der technisch-funktionalen als auch auf der organisatorischen Ebene einen mehrstufigen Zuverlässigkeitsregelkreis vorzuschlagen und in Pilotketten zu erproben. In der Stufe der Konzeption wurden mittels Expertenbefragungen und Experten-Workshops Erfahrungen und Kundenanforderungen identifiziert, sowie das Unternehmens-spezifische Verständnis von Zuverlässigkeit erfragt. Ein aktuelles Zuverlässigkeitsziel ist der Nachweis erbrachter Tierwohlleistungen in der fleischerzeugenden Kette.

Keywords: Einzeltierkennzeichnung, Zuverlässigkeitsregelkreis, Smart-Pork, Schweinproduktion, Datenmanagement

1 Einleitung

Fehlende Schnittstellen und unverknüpftes Wissen führen dazu, dass derzeit in der Schweinefleischerzeugung viele innovative Technologien Insellösungen bleiben. Bislang fehlen geeignete Konzepte der Bewertung von System-Konfigurationen, die sich aus sehr unterschiedlichen Komponenten zusammensetzen. Ziel eines kettenorientierten Verbundprojektes ist es daher, sowohl auf der technisch-funktionalen als auch auf der organisatorischen Ebene einen mehrstufigen Zuverlässigkeitsregelkreis zu entwickeln und zu erproben. Langfristiges Ziel ist dabei, die erfolgreiche Implementierung eines auf der Einzeltierkennzeichnung basierten Informations- und Kommunikationssystems zwischen den unterschiedlichen Stufen der Kette zu erleichtern. Es gilt, die Planung und Implementierung von stufenübergreifenden Kommunikations- und Prüfungssystemen in der Weise zu optimieren, dass ein verlässlicher Nachweis gemeinsamer Tierwohlleistungen der Kette erfolgen kann.

¹ Universität Bonn, International FoodNetCenter, Katzenburgweg 7-9, 53115 Bonn, jonasste@uni-bonn.de

² Europäische Qualifizierungs Allianz (EQA SCE), Katzenburgweg 7-9, 53115 Bonn, s.lehnert@eqasce.de

2 Methoden

Das Framework für die Bewertung und Erprobung des Systems aus mehreren derzeit unverbundenen Komponenten ist ein vierstufiger Zuverlässigkeitsregelkreis mit den Phasen Konzeption, Entwicklung, Konfiguration und Nutzung (Sc16). In der ersten Phase werden zunächst Expertenbefragungen und –Workshops durchgeführt, um Zuverlässigkeitsziele auf qualitativer Ebene zu ermitteln und festzulegen.



Abb. 1: Zuverlässigkeitsregelkreis (modifiziert nach Sc16)

2.1 Expertenbefragung

Die Expertenbefragung richtet sich an Zielgruppen mit Verantwortung im fleischerzeugenden Sektor und Interesse bzw. Erfahrungen im Bereich der Einzeltierkennzeichnung und der damit verbundenen Umstellung ihrer Hard- und Software Systeme. Es handelt sich um Experten aus Futtermittelunternehmen, Zuchtunternehmen, Schlachtunternehmen und Schweinehalter sowie deren Berater. Die Befragung erfolgt über eine Mischung aus Multiple Choice Fragen und offenen Fragen und bezieht die jeweiligen Kunden-Lieferanten-Beziehungen in der schweinefleischerzeugenden Kette ein (Dü13). Die Experten äußern sich dabei auch zu ihrem Verständnis von Zuverlässigkeit eines überbetrieblichen ICT-Systems. Die Antworten werden deskriptiv mit Microsoft Excel ausgewertet.

2.2 Expertenworkshops

Eine weitere Quelle zur Ermittlung von Zuverlässigkeitszielen für eine Systemkonfiguration aus: Transponder – Lesegeräte – mobile und stationäre Datenerfassung – verteilte Datenbanksysteme und Internetkommunikation, ergab sich im Rahmen von sieben Workshops der Teilnehmer der Branchenplattform SMART-PORK. Hier wurde das

Meinungsbild sowohl der potentiellen Nutzergruppen als auch der Technologieentwickler aufgenommen. An den Workshops nahmen jeweils zwischen 30 und 80 Experten teil.

3 Ergebnisse und Diskussion

Zuverlässigkeitsziele unterschieden sich zwischen Systemebene und Komponentenebene sowie den Möglichkeiten der Früherkennung von Fehlern. Auch kann aus den Erfahrungen mit Vorgängertechnologien geschlossen werden, dass Zuverlässigkeitsziele deutlich innerhalb von fünf identifizierten Hauptnutzungsbereichen der Systemkonfiguration 1. Forschungsanwendungen, 2. Zuchtentscheidungen, 3. Fütterungsoptimierungen, 4. Gesundheitsmanagement, sowie 5. Auditmanagement variieren. Der Nachweis gemeinsamer Tierwohlleistungen wird als Kombination aller fünf Nutzungsberieche definiert.

3.1 Zuverlässigkeitsziel: Verbesserung der Identifikation und Rückverfolgbarkeit

Die Experten sind der Überzeugung, dass zukünftig eine Einzeltierkennzeichnung eingeführt werden wird. Dabei antwortete die Mehrheit auf die Frage, ob sie die Einzeltierkennzeichnung in ihrem Unternehmen/Betrieb einführen würden, mit „Ja, auf jeden Fall“.

Auf die offene Frage, was die Experten mit dem Thema Einzeltierkennzeichnung verbinden, wurden vor allem die Themen „Rückverfolgbarkeit“, „Verbesserung der Management-Systeme“ und „Nachkommens-Prüfung“ genannt. Aber auch der Aspekt „Erhöhung von Investitions- und Organisations-Kosten“ wurde als hemmender Faktor aufgeführt. Als weitere Themen fanden Arbeitszeiterparnis und effizienterer Einsatz von Ressourcen, Optimierung von einzel- und überbetrieblichen Prozessen, Qualitätssicherung, verbesserte Tiererkennung und Versorgung, Lebensmittelsicherheit und Optimierung der Datenauswertung Erwähnung.

Durch Verknüpfung von Einzeltierkennzeichnung mit weiteren Tierdaten wird vor allem die Zuverlässigkeit von Gesundheits- und Behandlungsinformationen, Abstammungs- und Herkunftsinformationen sowie Schlacht- und Klassifizierungsergebnisse erhöht. Von großem Interesse ist ferner an verlässlicheren Leistungsdaten oder ökonomische Daten sowie Alter, Futteraufnahme, Gewicht/Zunahme und Aktivitätsprofile zu gelangen.

Der Futtermittelsektor ist vor allem an Informationen zu täglichen Zunahmen und dem Gesundheitsstatus der Tiere interessiert, Zuchtunternehmen außerdem auch an Gesundheitsstatus und Herkunft/Abstammung. Die Schlachtunternehmen haben das Ziel, Ergebnisse der Organbefunde mit Vorinformationen zum Gesundheitsstatus und dem Einsatz von Antibiotika zu verknüpfen. Landwirte nannten vor allem Informationen zum Salmonellenstatus und Tierkrankheiten.

3.2 Zuverlässigkeitsziel: Kettenorientierte Organisation und Koordination

Generell ist festzuhalten, dass die meisten Experten sowohl Chancen als auch Hürden sehen. Vor allem das Problem des Datenmissbrauchs und der fehlenden Sicherheit in der Weitergabe von Daten war für die Experten ein wichtiges Thema. Bei den Chancen wurden insbesondere die Themen „Optimierung der Abläufe“ und „Höhere Transparenz“ genannt.

Bei dem Verständnis von „Zuverlässigkeit“ in Bezug auf das Datenmanagement gaben fast alle Experten an, dass die Richtigkeit der Daten am wichtigsten wäre. Des Weiteren wurde auch die Qualität, Aktualität und Vollständigkeit der Informationen mit einer hohen Priorität bewertet. Erstaunlicherweise messen die befragten Experten Verständlichkeit, unkompliziertes Erhalten und schnelle Verfügbarkeit entscheidungsrelevanter Informationen weniger hohe Bedeutung zu. Vermutlich ist die Verlässlichkeit von Daten nach wie vor eine Schwachstelle bestehender Systeme. Insbesondere im Bereich Gesundheits- und Behandlungsdaten wird ein Datenmissbrauch und fehlende Motivation bei der Weitergabe dieser Daten vermutet. Im Gegensatz dazu steht die von Experten gewünschte höhere Transparenz. Auch würden die Befragten zu einem Großteil die Einzeltierkennzeichnung bei sich im Unternehmen/Betrieb einführen, wenn es für die Daten eine höhere Sicherheit gäbe. Ohne den Aufbau einer geeigneten kettenbezogenen Organisationsstruktur lassen sich die Zuverlässigkeitsziele hinsichtlich der Datensicherheit und der Regelung von Zugriffsrechten auf das Gesamtsystem nicht einvernehmlich realisieren. Hier spielen Branchenplattformen wie SMART-PORK eine entscheidende Rolle.

4 Fazit

Um stufenübergreifende Informations- und Kommunikationssysteme in bestehenden Wertschöpfungsketten maßgeblich auf der Basis der elektronischen Einzeltierkennzeichnung zu verbessern, muss die Digitalisierung bei allen potentiellen Nutzergruppen als Chance gesehen werden. Nur so lassen sich Einzelkomponenten integrieren und zu einem Gesamtsystem weiterentwickeln.

Literaturverzeichnis

- [Dü13] Düsseldorf, S.: Konzept von Key Performance Indikatoren für das Controlling eines kundenorientierten Qualitäts- und Gesundheitsmanagement in einer bayrischen Schweinefleischkette. Dissertation Universität Bonn, 2013
- [Sc16] Schubert, R.; Haller, S.; Pasch, F.: Hochwertig – aber auch zuverlässig? Zuverlässigkeitssicherung bei Automobilherstellern und Lieferanten. VDA-Band 3.2: 44-47, 2016

Architektur einer offenen Software-Plattform für landwirtschaftliche Dienstleistungen

Stefan Stiene¹, Stephan Scheuren¹, Martin Günther¹, Kai Lingemann¹, Andreas Lauer², Ansgar Bernardi² und Joachim Hertzberg¹

Abstract: Die Digitalisierung hat die Landwirtschaft verändert beim üblichen Betrieb von Höfen, bei der Steuerung von Maschinen der Stall- und Landtechnik und bei der Erbringung von Dienstleistungen. Zur Verwaltung und Verarbeitung der Daten gibt es eine gewachsene Infrastruktur von Softwaresystemen diverser Anbieter, die jeweils Ausschnitte der Wertschöpfungskette behandeln. Diese Heterogenität erschwert derzeit den Aufbau optimaler Wertschöpfungsketten und Entwicklung, Angebot und Nachfrage neuer Dienstleistungen darin. Der Schutz der Hoheit an Betriebsdaten und der Schutz personenbezogener Daten im Prozess sind besonders am Übergang zwischen Teilsystemen aktuell nicht immer sichergestellt. Dieses Papier stellt die Architektur einer offenen Plattform zur integrierten, skalierbaren, vernetzten und sicheren Repräsentation, Kommunikation und Bearbeitung von Daten und Diensten im Umfeld von Landwirtschaftsbetrieben vor. Damit vernetzen sich Akteure der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette, um Dienste, Anforderungen und Daten gezielt und selektiv zu teilen und sicher auszutauschen. Dabei können sie ihre vorhandenen Maschinen und Informationssysteme weiter nutzen.

Keywords: dezentrale Dienstleistungsplattform, dezentrale Datenhaltung, MQTT, protobuf, ODIL

1 Einleitung

Breite Digitalisierung in der Landwirtschaft über einzelne Akteure hinaus führt die zugrundeliegenden Software-Plattformen in ein Dilemma: Einerseits müssen diese Plattformen offen für alle Anbieter und Nachfrager sein, Daten einzubringen und abzurufen; andererseits wollen und sollen alle Beteiligten ihre Datenhoheit durchsetzen [IG13] und ggfls. personenbezogene Daten schützen können: Praktisch zwangsläufig verlassen auch sensible Daten einen landwirtschaftlichen Betrieb bei der Kooperation von Landwirten, Lohnunternehmern, Landmaschinenherstellern und Dienstleistungsanbietern. Darüber hinaus existiert im landwirtschaftlichen Dienstleistungsbereich eine gewachsene Infrastruktur von Softwaresystemen zur Verwaltung und Verarbeitung der Daten, die jeweils Ausschnitte der Wertschöpfungskette behandeln: Farm-Management-Informationssysteme, Telemetriesysteme, Logistiksysteme, Software von Lohnunternehmern und andere mehr. Diese Heterogenität erschwert derzeit den Aufbau optimaler Wertschöpfungsketten und Entwicklung, Angebot und Nachfrage neuer Dienstleistungen darin.

¹ Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Robotics Innovation Center, Albert-Einstein-Straße 1, 49076 Osnabrück, <vorname.nachname>@dfki.de

² Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Wissensmanagement, Trippstadter Straße 122, 67663 Kaiserslautern, <vorname.nachname>@dfki.de

2 Zielsetzung

Dieses Papier stellt die im Projekt ODiL³ entwickelte Architektur einer offenen Software-Plattform vor, die zur integrierten, skalierbaren, vernetzten und sicheren Repräsentation, Kommunikation und Bearbeitung von Daten und Diensten im Umfeld von Landwirtschaftsbetrieben dient. Damit vernetzen sich zukünftig Akteure der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette, um Dienste, Anforderungen und Daten gezielt und selektiv zu teilen und sicher auszutauschen. Dabei werden sie ihre vorhandenen Maschinen und Informationssysteme weiter nutzen können. Das Ziel des vorliegenden Papiers ist es, die Systemarchitektur zu beschreiben, die die Umsetzung dieses ganzheitlichen Ansatzes zur Durchsetzung von Datenhoheit und Datenschutz in einer offenen Software-Plattform für die Landwirtschaft erlaubt.

3 ODiL-Architektur

Dezentralität ist ein essentieller Punkt, um ein offenes Dienstleistungsnetzwerk in der Landwirtschaft zu etablieren. Eine Softwarearchitektur mit einer zentralen Instanz, in der alle Daten verwaltet werden oder zumindest sichtbar sind, scheint den Vorbehalten der in jeder Hinsicht heterogenen Gruppe von Beteiligten in der Lebensmittel-Wertschöpfungskette nicht gerecht zu werden, was Durchsetzung ihrer Datenhoheit, Selektivität in der Datenweitergabe und Gewährleistung von Datenschutz angeht. Existierende Farm Management Informationssysteme wie 365FarmNet [FN16] oder John Deere FarmSight [JD16], die funktional vieles von dem schon leisten, was auf der ODiL-Plattform erst noch zu implementieren ist, scheinen an dieser Stelle einen grundlegenden, strukturell nicht zu ändernden Architektur-Nachteil aufzuweisen. Ziel des Projekts ODiL ist es daher, mit einer offenen Architektur für ein Dienstleistungsnetzwerk einen Gegenentwurf zu diesem Stand der Technik zu liefern und anschließend die Offenheit der Plattform für eine weitergehende Unterstützung von Dienstleistungen zu nutzen.

Die ODiL-Architektur nutzt ein System von autarken Netzwerken oder kurz Akteuren, um diese Dezentralität für die Agrarwirtschaft zu erreichen. Ein Akteur entspricht dabei einem landwirtschaftlichen Betrieb, einem Lohnunternehmer oder einem anderen Partner im agrarwirtschaftlichen Kontext. Das Netzwerk eines Landwirts verbindet dabei bspw. die Ressourcen seines Betriebs (Maschinen, Mitarbeiter etc.) mit einem Hofserver, der die Datenhaltung und Datenbereitstellung übernimmt. Betriebsübergreifende Kooperationen werden über Marktplätze, einen Verzeichnis-Service und automatische Interessengruppenbildung realisiert. Nach der Verbindung zweier Akteure findet jegliche Kommunikation bidirektional ohne den Umweg über eine zentrale Instanz statt. Dabei liegt der Fokus darauf, dass allen Akteuren transparent wird, welche ihrer Datenkanäle wie lange für wen geöffnet werden.

³ Offene Software-Plattform für Dienstleistungsinnovationen in einem Wertschöpfungsnetz in der Landwirtschaft (ODiL), gefördert durch BMBF (Dienstleistungsinnovationen durch Digitalisierung), Projektträger-schaft durch Projektträger Karlsruhe, Förderkennzeichen 01FJ16001, Laufzeit 07/2016-11/2019.

Abb. 1 zeigt exemplarisch die Kommunikation eines Landwirtschaftsbetriebs mit einem Farm Management Informationssystem (FMIS) und mit einem Lohnunternehmer. In diesem Fall haben sich die Akteure über das ODiL-Verzeichnis gefunden und tauschen nach der Bestellung einer Dienstleistung über ODiL oder auf anderem Weg (bspw. telefonisch) die benötigten Daten für die Erbringung einer Dienstleistung aus. Das ODiL-Verzeichnis ist ein Dienst des Netzwerkes, in den sich Akteure selbstständig ein- und austragen und somit ihre Sichtbarkeit steuern können. Funktionen, Dienste oder ganze Anwendungen können in der ODiL-Architektur verteilt ausgeführt werden. Marktplätze für das Anbieten z.B. von Dienstleistungen und Maschinen sind ebenfalls vorgesehen.

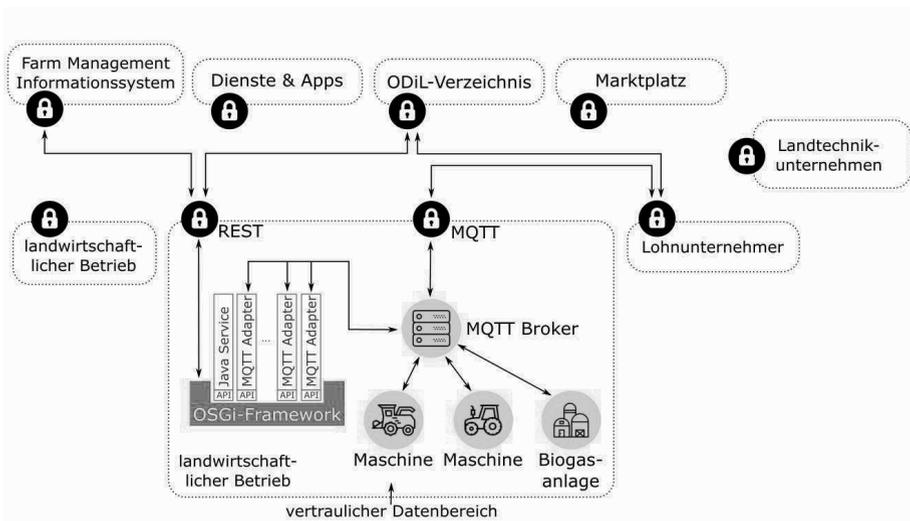


Abb. 1: Sichere, temporäre Datenkanäle zwischen Akteuren in der Agrarwirtschaft.

In ODiL werden die IoT-Standards MQTT⁴ [Ba14, MQ16] und protobuf⁵ [PR16] für die Datenübertragung [AI15] sowie ein OSGi-Framework als offene, modulare und skalierbare Dienstleistungsplattform eingesetzt. Die Architektur setzt auf Konzepte aus dem Projekt iGREEN auf (bspw. der Online Box [IG13]) und erweitert diese um konkrete IoT-Konzepte wie die Kombination von REST und MQTT, um Anfragen und kontinuierliche Daten zu kommunizieren. Die Dienste, die ein Akteur in ODiL anbietet, werden per REST-Schnittstelle nach außen sichtbar gemacht. Die Kommunikation von abgerufenen Diensten geschieht entweder per REST-Schnittstelle oder direkt über den MQTT-Broker der beteiligten Akteure, je nachdem, welche Daten mit dem Dienst ausgetauscht werden sollen. So werden einmalig abgerufene Daten (bspw. eine Schlagdatei) per REST, kontinuierliche Daten (bspw. GPS-Daten einer Landmaschine) per MQTT übertragen. In beiden Fällen werden die Datentypen per protobuf serialisiert und im Binärformat übertragen. Dies ermöglicht unter anderem Interoperabilität verschiedener Platt-

⁴ Message Queue Telemetry Transport

⁵ Google Protocol Buffers

formen und Programmiersprachen. Dienste können bspw. in C++, Java und Python implementiert werden. Der MQTT-Broker kommuniziert mit dem OSGi-Framework über OSGi-Services. Die MQTT-Services werden per API und Wrapper an das OSGi-Framework angebunden. Bei Abruf eines Dienstes muss ein Akteur die benötigten Daten aktiv für den Dienstleister freigeben. Er kann dabei detailliert festlegen, für wen welche Daten für welchen Zeitraum freigegeben werden sollen. Die Daten verlassen nur nach seiner Einwilligung und für einen beschränkten Zeitraum seinen vertraulichen Datenbereich und erreichen per verschlüsselter Direktverbindung nur den jeweils angegebenen Akteur.

4 Fazit

Dieses Papier hat die Architektur einer offenen Software-Plattform für landwirtschaftliche Dienstleistungen skizziert, die mit einem dezentralen Ansatz die Durchsetzung der Datenhoheit in einer offenen Software-Plattform für die Landwirtschaft erlaubt. Im Rahmen des Forschungsprojekts ODiL wird diese Architektur im Sinne eines Machbarkeitsnachweises entwickelt, anhand von Querschnitts-Anwendungsfällen prototypisch umgesetzt und auf Akzeptanz und juristische Fragen hin untersucht. Schon in proprietären Systemen scheinen die Rechte zur Speicherung und Nutzung von Daten (rohe, interpretierte, verknüpfte, personenbezogene Daten) aus der Wertschöpfungskette nicht für alle Beteiligte befriedigend geklärt. Auf einer dezentralen Plattform wird das Problem einerseits drängender, mögliche Lösungen sind aber andererseits differenzierter durchsetzbar.

Literaturverzeichnis

- [Al15] Al-Fuqaha, A.; Guizani, M.; Mohammadi, M.; Aledhari, M.; Ayyash, M.: Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 17(4): 2347-2376, 2015.
- [Ba14] Banks, A.; Gupta, R.: MQTT Version 3.1.1. OASIS Standard, April 2014.
- [Be11] Bernardi, A.; Tuot, C. J., Raum-Zeit-bezogene Agrardaten für die Anforderungen von morgen: Semantische Datenspeicherung in dezentralen, offenen Architekturen. *GIL Jahrestagung*. 33-36, 2011.
- [FN16] 365FarmNet: Die Agrarsoftware. Von Ackerschlagkartei bis Herdenmanagement. <https://www.365farmnet.com/>, abgerufen 11/2016.
- [IG13] Datenschutzaspekte bei Dienstleistungen im Pflanzenbau. http://www.igreen-projekt.de/iGreen/fileadmin/Download/Datenschutzaspekte_bei_Dienstleistungen_im_Pflanzenbau.pdf, abgerufen 11/2016.
- [JD16] FarmSight. John Deere. http://www.deere.de/de_DE/products/equipment/farmsight/farmsight.page, abgerufen 11/2016.
- [MQ16] MQTT, <http://mqtt.org/>, abgerufen 11/2016.
- [PR16] Protocol Buffers, <https://developers.google.com/protocol-buffers/>, abgerufen 11/2016.

Nah-Infrarot Spektroskopie (NIRS) als Monitoringtool für den Biogasprozess

Andrea Stockl¹ und Fabian Lichti²

Abstract: An der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, in der Arbeitsgruppe Wirtschaftsdüngermanagement und Biogastechnologie, wird die Nah-Infrarot-Reflexions Spektroskopie (NIRS) seit einigen Jahren zur Überwachung des fermentativen Abbauprozesses von Biomasse im Fermenter verwendet und getestet. Mit dem Hintergrund einer biologischen und bedarfsgerechten Stromerzeugung soll das Messsystem in Echtzeit die Stabilität des Gärprozesses anhand der spezifischen Parameter Gesamtsäure (FFS), Essig- und Propionsäure, aber auch über die Trockenmasse (TS) und den Carbonatpuffer (TAC) anzeigen. Dadurch sollen zeitaufwendige, nass-chemische Analysen vermieden werden, die im Fall von Prozessstörungen oftmals zu spät vorliegen. Die guten statistischen Kennwerte der Kalibrationsmodelle mit hohen Bestimmtheitsmaßen für die Gesamtsäure (FFS_{ges.} titriert) mit $R^2=0,94$ und den Carbonatpuffer (TAC-Wert) mit $R^2=0,97$ weisen darauf hin, dass die Nah-Infrarot Spektroskopie prädestiniert ist, notwendige Informationen zu liefern, um das Management des Fermenters zu optimieren und auch geringfügige Änderungen im Prozessverlauf des anaeroben Abbaus aufzeigen zu können.

Keywords: NIRS, Prozessüberwachung, Biogasanlage, bedarfsgerechte Stromerzeugung

1 Einleitung

Die Nah-Infrarot-Reflexions Spektroskopie (NIRS) ist im landwirtschaftlichen Untersuchungswesen bereits etabliert. In der Futtermittelanalytik und der Untersuchung von pflanzlichen Produkten werden Inhaltsstoffe wie beispielsweise Rohprotein, Rohfaser, Rohfett und Stärke zumeist über NIRS ermittelt. Sei es der Fett- und Trockenmassegehalt in Milcherzeugnissen, der Ölgehalt in Körnerraps oder der Proteingehalt in Leguminosen, nur um einige Beispiele zu nennen, ist NIRS zur qualitativen und quantitativen Bestimmung aus der Landwirtschaft nicht mehr wegzudenken. Nachdem NIR-Spektrometer zur Ermittlung von Inhaltsstoffen (N, P und K) bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern bereits angeboten werden, lag der erweiterte Einsatz dieser Messmethode im Biogasbereich nahe. An der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, in der Arbeitsgruppe Wirtschaftsdüngermanagement und Biogastechnologie, wird NIRS seit einigen Jahren zur Überwachung des fermentativen Abbauprozesses von Biomasse im Fermenter verwendet und getestet.

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising, andrea.stockl@LfL.Bayern.de

² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Straße 36, 85354 Freising, fabian.lichti@LfL.Bayern.de

2 Projektziele

Im Fokus dieses Forschungsprojektes stand unter anderen die Simulation einer flexiblen und bedarfsgerechten Biogaserzeugung, womit dem erhöhten Bedarf an Strom zu Spitzenlastzeiten Rechnung getragen werden sollte. Eine permanente und konstante Erhaltung der Grundlast generierte die optimale Lastführung der Biogasanlage und punktuelle Stoßbelastungen mit Weizenschrot sollten die Bedarfsspitzen abbilden. Mit der NIR-Spektroskopie sollen Trendänderungen in den substratspezifischen Prozesskenngrößen unter Stoßbelastung erfasst werden, sowie Prozessinstabilitäten in Abhängigkeit der Häufigkeit der Stoßbelastungen.

3 Material und Methode

Die Versuche im Projekt fanden im semikontinuierlichen Durchflussbetrieb in einem Pfpfenstromfermenter mit einem Nutzvolumen von 240 Litern statt. Der Fermenter ist mit einem geeigneten Messfenster (Saphirglas) für spektrale Untersuchungen am Fermenterinhalt versehen. Unter Verwendung eines FT-NIR Spektrometers (Matrix-F) der Firma Bruker kann ein Spektralbereich (Angabe in Wellenzahl) von 12.800 bis 4.000 cm^{-1} (dies entspricht einem Wellenlängenbereich von 800-2.500 nm) erfasst werden. Ein Paddelrührwerk im Fermenter gewährleistet eine gleichmäßige Durchmischung des Fermenterinhalt. In den Versuchen findet eine am ILT konzipierte automatische Fütterungseinrichtung Anwendung, die eine definierte Substratzugabe zum Laborbiogasermenter gewährleisten soll. Zwölf Kartuschen mit gleichen Volumina (350 mL Nutzvolumen) bringen zeitgesteuert das zu fütternde Substrat (Mais- und Grassilage) in festgelegten Intervallen über einen Stempel und eine Futterschnecke in den Fermenter ein. Zusätzlich wurde einmal pro Tag Gülle verabreicht im Verhältnis 40:30:30 in Masse-% (Gülle:Maissilage:Grassilage bezogen auf die Frischmasse), womit eine Raumbelastung von 2,5 $\text{kg oTS/m}^3\text{d}$ als Grundlast realisiert werden konnte. In den Versuchsphasen wurde einmal täglich eine Stoßbelastung mit schnell vergärbarem Weizenschrot generiert, wodurch die Raumbelastung zeitweise auf insgesamt 8 $\text{kg oTS/m}^3\text{d}$ anstieg. In einem dreiwöchigen Versuchszeitraum wurde an den Wochentagen unter der Woche jeweils täglich vormittags Weizenschrot als Stoßbelastung in den Fermenter eingebracht, immer unter Beibehaltung der konstanten Grundfütterung mit Mais-, Grassilage und Gülle. An den Wochenenden erfolgten keine Stoßbelastungen.

4 Ergebnisse

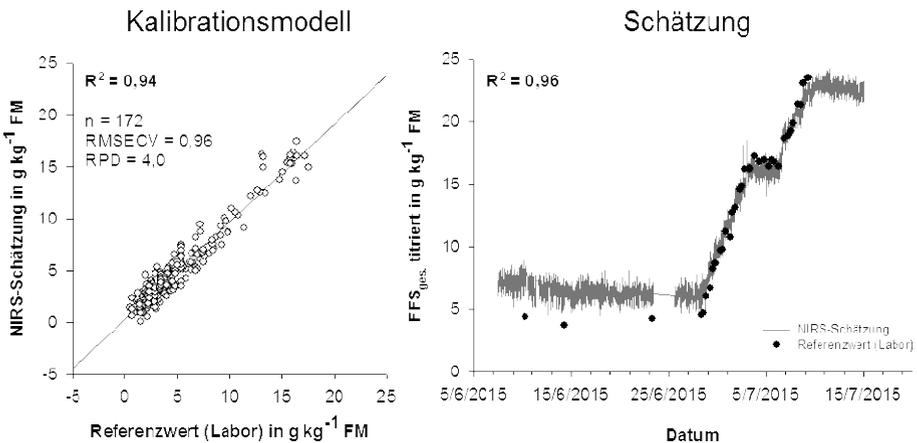
Der Versuch ist in zwei unabhängige, aufeinander aufbauende Versuchsabschnitte unterteilt. Die Ergebnisse des ersten Abschnitts dienen der Entwicklung von Kalibrationsmodellen (Abb. 1 und 2 linke Seite), wobei eine bereits vorhandene umfassende spektrale und laboranalytische Datengrundlage genutzt werden konnte.

In der zweiten Versuchsphase wurden dann diese Kalibrationsmodelle verwendet, um einen Versuchszeitraum von drei Wochen abzubilden (Abb. 1 und 2 rechte Seite).

Die Kalibrationsmodelle der Gesamtsäure und des Carbonatpuffers bestehen mit sehr hohen Bestimmtheitsmaßen (FFS_{ges.} titriert, Abb. 1 links) $R^2=0,94$ und (TAC-Wert, Abb. 2 links) $R^2=0,97$. Die Fehler der Kreuzvalidierungen (RMSECV) liegen bei beiden Parametern unter 5% (unter Berücksichtigung der Konzentrationsspannbreiten, ersichtlich in den Werten der Abszissen der Kalibrationsmodelle) mit Werten von 0,96 und 0,71. Es wurden Leave-One-Out Full-Cross Validierungen durchgeführt. Die RPD-Werte, die das Verhältnis der Standardabweichung der Laborwerte zum Standardfehler der NIRS-Schätzungen darstellen, weisen gute statistische Kennwerte auf [WS01] mit 4,0 für die Gesamtsäure und 6,0 für den Carbonatpuffer und belegen damit die hohe Güte der Kalibrationsmodelle. Die Bestimmtheitsmaße der Schätzungen (Abb. 1 und 2 rechte Seite) mit $R^2=0,96$ für die Gesamtsäure und $R^2=0,93$ für den Carbonatpuffer ergeben sich aus den einzelnen Referenzwerten des Labors zum gemittelten Wert eines 30 minütigen Zeitraums der NIRS-Schätzungen um den Zeitpunkt der Probenahme.

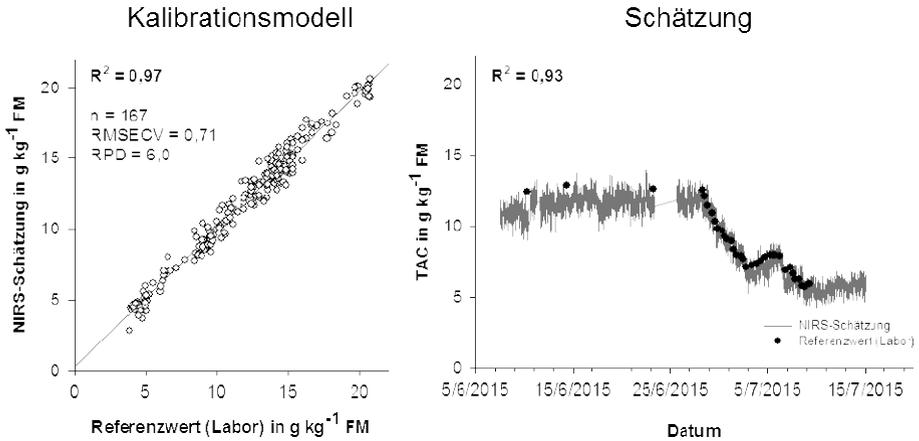
In der Schätzung der FFS_{ges.} titriert ist der Anstieg der Gesamtsäure mit gleichzeitiger Abnahme des Carbonatpuffers TAC-Wert exakt visualisiert. Die Aussetzung der Stoßbelastung am Wochenende, mit Erholung der Biozönose ist im Zeitraum um den 5/7/2015 deutlich erkennbar.

Die weiteren Bestimmtheitsmaße der Kalibrationsmodelle (hier nicht dargestellt) liegen mit guten Werten bei: Essigsäure ($R^2=0,91$), Propionsäure ($R^2=0,91$), flüchtige Fettsäuren kalkuliert ($R^2=0,95$), Trockensubstanz ($R^2=0,88$), organische Trockensubstanz ($R^2=0,82$), FOS/TAC-Wert ($R^2=0,85$) und für Ammonium-N ($R^2=0,95$).



R^2 =Bestimmtheitsmaß; n=Probenanzahl; RMSECV (Root Mean Square Error of Cross Validation)=mittlerer Schätzfehler, RPD (Ratio of Standard Deviation and Standard Error of Prediction)=Vorhersageleistung

Abb. 1: Kalibrationsmodell und Schätzung der flüchtigen Fettsäuren gesamt titriert (FFS_{ges.} titriert)



R^2 =Bestimmtheitsmaß; n =Probenanzahl; RMSECV (*Root Mean Square Error of Cross Validation*)=mittlerer Schätzfehler, RPD (*Ratio of Standard Deviation and Standard Error of Prediction*)=Vorhersageleistung

Abb. 2: Kalibrationsmodell und Schätzung des Carbonatpuffers (TAC-Wert)

5 Fazit

Die durchweg guten Ergebnisse aller Prozessparameter belegen die herausragende Eignung des NIR-Messsystems zeitnah Prozessstörungen jedweder Art anzeigen zu können. Schwankungen in den biozönotischen Abbauprodukten der Biogasanlage durch Laständerung können erfasst werden und die NIRS-Daten geben rechtzeitig Auskunft über Prozessinstabilitäten und kritische Fermenterzustände. Trotz allem ist eine regelmäßige Pflege und Wartung des Messsystems von essentieller Bedeutung, um konstante und zuverlässige Ergebnisse für den profunden Einsatz in der Praxis zu generieren. Eine praxisorientierte Anwendung erfordert zudem vom Gerätehersteller eine Anpassung der Kalibrationsmodelle an die Matrix neuer Substrate.

Literaturverzeichnis

- [WS01] Williams, P.C.; Soebering, D.C.: Comparison of commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grains and seeds. In *J. Near Infrared Spectrosc.* 1, S. 25–32, 1993.

Der Pflanzenbau der Zukunft - Ist ein Neudenken erforderlich?

Lisa-Marie Urso¹, Jens Karl Wegener¹, Dieter von Hörsten¹, Lorenz Kottmann², Till-Fabian Minßen³ und Cord-Christian Gaus⁴

Abstract: Ein Blick in die Zukunft erfordert möglicherweise ein Neudenken der bisherigen Produktionstechnik im Ackerbau. Bisher wurden pflanzenbauliche Produktionssysteme durch die Verfahrenstechnik für die Bewirtschaftung bestimmt; zukünftig könnte der umgekehrte Weg von Vorteil sein. Neue technologische Fortschritte aus den Bereichen Precision und Digital Farming zeigen Möglichkeiten auf, die Ansprüche der Kulturpflanze weitaus kleinräumlicher und effizienter zu bedienen. Vor allem aber könnte die Technik der autonomen Kleinmaschinen Chancen bieten, perspektivisch eine nachhaltige Intensivierung im Pflanzenbau zu erreichen. Verschiedenste pflanzenbauliche Produktions- und Anbausysteme müssen in diesem Zusammenhang Berücksichtigung finden, analysiert und bewertet werden.

Keywords: Standraumoptimierung, Spot Farming, nachhaltige Intensivierung, Pflanzenbausystem, autonome Maschinen.

1 Einleitung – Neudenken der Pflanzenproduktion und Verfahrenstechnik

Die heutige landwirtschaftliche Pflanzenproduktion ist unzureichend an zukünftige Herausforderungen mit Blick auf den weltweit steigenden Bedarf an biobasierten Rohstoffen angepasst [Ba14]. Notwendigen Produktivitäts- und Effizienzsteigerungen stehen dabei einer Vielzahl von Problemen gegenüber, welche sich beschränkend auf eine weitere Intensivierung der Pflanzenproduktion auswirken. Neben der fortschreitenden Verknappung und Belastung der Produktionsfaktoren Boden, Wasser und Luft sowie dem hohen Verbrauch endlicher Rohstoffressourcen [EU14] sind es vor allem die vorhergesagten Auswirkungen des Klimawandels, welche erhebliche Anpassungen heutiger Produktionsformen erforderlich machen [BS08].

Auch wenn es inzwischen eine Vielzahl von Ansätzen gibt Nahrungsmittel zu produzieren, wird es unumgänglich sein auch zukünftig den Großteil der pflanzlichen Biomasse in der konventionellen flächenbasierten Landwirtschaft zu produzieren. Um eine ökologisch und sozioökonomisch nachhaltige Bereitstellung qualitativ hochwertiger pflanzli-

¹ Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Julius Kühn-Institut, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, lisa-marie.urso@julius-kuehn.de

² Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Julius Kühn-Institut, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

³ Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Technische Universität Braunschweig, Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig

⁴ Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

cher Erzeugnisse zu erreichen, muss jedoch eine tiefgreifende Veränderung pflanzenbaulicher Systeme erreicht werden. Die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion kann nur nachhaltig gestaltet werden, wenn der Fokus wieder vermehrt auf die Multifunktionalität gerichtet wird. Unter Berücksichtigung der geschilderten Lage muss die heutige ertragsorientierte Pflanzenproduktion neu gedacht werden. Die Neustrukturierung und Entwicklung von Anbaukonzepten soll dabei nicht nur an der bestehenden oder in naher Zukunft denkbaren Verfahrenstechnik ausgerichtet werden. Vielmehr müssen neue technologische Fortschritte, wie sie z.B. aus der Digitalisierung der Landwirtschaft oder dem Einsatz autonomer Maschinen hervorgehen, an Erfordernisse nachhaltiger Anbausystemlösungen angepasst werden. In diesem Zusammenhang stellt sich zunächst die Frage, welche Anforderungen ein nachhaltiges, multifunktionales Pflanzenbausystem erfüllen muss und welcher verfahrenstechnischer Bedarf zur Bewirtschaftung abzuleiten ist. In einem nächsten Schritt muss dann geklärt werden, welche Aussichten und Chancen, Einschränkungen und Risiken durch neue Technologien zur Umsetzung zukünftiger Pflanzenbausysteme bestehen.

2 Nachhaltige Intensivierung mit „Spot Farming“

Die Entwicklung eines nachhaltigen Pflanzenproduktionssystems verlangt die Berücksichtigung einiger wichtiger Eckpunkte, die im Folgenden kurz erläutert werden.

In Zeiten sinkender Rohstoffverfügbarkeit und klimatische Veränderungen muss ein optimales Kulturpflanzenwachstum eine möglichst effiziente Nutzung des gegebenen Standortpotentials mit sich bringen. Hohe Erträge und Qualitäten können hierbei nur durch eine optimale Kombination und Nutzung der Wachstumsfaktoren Licht, Wasser, Luft und der Nährstoffe erreicht werden. Neben Ertrag und Qualität müssen auch die Ökosystemdienstleistungen wieder mehr Berücksichtigung finden, wie zum Beispiel die Förderung und Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und Biodiversität. Darüber hinaus müssen neue Anbausysteme aber auch sowohl die Reduktion von Umweltbelastungen, als auch eine positive Beeinflussung des Landschaftsbildes durch mehr Diversität berücksichtigen (Vermeidung von „Agrarwüsten“). Für die Umsetzung dieser Anforderungen müssen bestehende Produktionssysteme neu gedacht werden.

Die Gleichstandsart, bei der die Ablage des Saatguts spurübergreifend in Form von gleichseitigen Dreiecken erfolgt, bietet gegenüber herkömmlichen Saatsystemen eine Vielzahl von Vorteilen [GR99]. Nicht nur Blätter und Wurzeln können in alle Richtungen gleichmäßig wachsen, wodurch eine rasche Bodenbedeckung erzielt wird, sondern auch Bodenwasser und Nährstoffe werden gleichmäßig erschlossen. Unkräuter werden intensiver unterdrückt, wodurch wiederum Herbizide eingespart werden können. Die Gleichstandsart ermöglicht hierbei für die mechanische Unkrautbekämpfung auch eine Kreuz- und Querbearbeitung, so dass eine wesentlich größere Bearbeitungsfläche, vor allem im pflanzennahen Bereich, erfasst werden kann. Neben der Ertrags- und Qualitätssteigerung ergeben sich demnach durch die Gleichstandsart weitere positive Aspekte,

unter anderem eine effizientere Wasser- und Nährstoffnutzung, eine geringere Nährstoffauswaschungsgefahr sowie eine Senkung des Herbizideinsatzes [GB10].

Im Sinne der Ertragssicherheit und -steigerung sowie zum Schutz natürlicher Ressourcen muss ein optimales Pflanzenbausystem flexibel auf die häufig hohe Heterogenität der landwirtschaftlichen Produktionsflächen, wie Ertragspotential, Bodeneigenschaften, Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit und Erosionspotential, zugeschnitten sein. Eine grundlegende Möglichkeit zur Berücksichtigung dieser genannten, oft sehr kleinräumigen Unterschiede ist das „Spot Farming“. Die Idee dabei ist, den einzelnen Schlag in eigenständige Teilflächen, oder Spots, aufzuteilen und diese je nach spezifischen Eigenschaften mit unterschiedlichen Kulturen und Fruchtfolgen nach dem vorgestellten Prinzip im Dreiecksverband zu bewirtschaften. Zur Definition solcher Spots wäre eine Orientierung an teilflächenspezifischen Boden- und Ertragskarten eine denkbare Möglichkeit. Aus der Schnittmenge dieser Daten können Teilflächen mit unterschiedlichen Qualitäten und Ertragspotentialen in einem Ackerschlag identifiziert werden. Spots mit geringerer Produktivität werden bewusst mit dafür geeigneten Kulturen bewirtschaftet oder sogar extensiv als Refugien oder Pufferzonen genutzt.

3 Technische Anforderungen an Spot Farming

Der Bereich der Digitalen Landwirtschaft dient bereits heute dazu eine Variation an Informationen und vor allem kleinräumige Unterschiede auf Produktionsflächen zu identifizieren. Diese können für Spot Farming nutzbar gemacht werden. Eine der größten Herausforderungen in dem Bereich wird sein, Methoden zur Datenaufbereitung, -planung, und -auswertung zu generieren, die sowohl einer natur- und umweltgerechten Gestaltung nachkommen, als auch die Grundansprüche der Kulturpflanzen gewährleisten. Der Pflanzenbau wird diese Herausforderung nicht bewerkstelligen können. Vielmehr ist das Zusammenwirken von verschiedenen Bereichen aus Landschafts- und Agrarökosystemen von besonderer Bedeutung. Eine Vernetzung mit Expertensystemen stellt eine Möglichkeit dar, die Produktivität in der landwirtschaftlichen Praxis weiter zu erhöhen, und gleichzeitig negative Einflüsse der Pflanzenproduktion auf die Umwelt auf ein akzeptables Maß zu beschränken.

Mithilfe kleiner autonomer Maschinen, die satellitengesteuert, mit fernerkundlichen Daten vernetzt sind und in Schwärmen arbeiten, können verschiedene Prozesse verrichten und sich untereinander eigenständig koordinieren, um eine hohe Effizienz zu erreichen. Eine hohe Schlagkraft könnte durch Anzahl, nahezu permanenter Einsatzbereitschaft, größerer Bearbeitungsfenster für leichtere Maschinen sowie durch die kleinräumig standortoptimierte Bewirtschaftungsweise des Spot Farmings erreicht werden. In diesem Zusammenhang sind noch viele Fragen zu klären (Energieversorgung, Logistik, Sicherheit, Recht, notwendige Sensorik, Managementsysteme, Netzinfrastruktur auf dem Land etc.), bis neue Pflanzenbausysteme und dazu passende Verfahrenstechnik marktfähig werden. Dennoch bieten die aktuellen technischen Entwicklungspfade einen ersten Ansatz.

4 Schlussfolgerungen

Die hier dargestellten Aspekte für ein Produktionssystem mit Gleichstandsamt und Spot Farming könnte Wege für eine zukünftig nachhaltige Intensivierung der Pflanzenproduktion aufzeigen. Die dazu notwendigen Technologien befinden sich teilweise schon in der Entwicklungsphase, bei einigen wird es jedoch noch einige Jahre bis zur Marktreife dauern. Grundsätzlich erscheint der Ansatz, zunächst die Kulturpflanze und die dem Anbau gegenüberstehenden Restriktionen in den Mittelpunkt zu setzen, um erst dann über technische Lösungsmöglichkeiten nachzudenken, ein vielversprechender Ansatz zu sein.

Literaturverzeichnis

- [Ba14] Backhaus GF, Broers L, Kögel-Knabner I, Schwerin M, Thrän D (Bioökonomierat), 2014. Nachhaltige Bereitstellung von biobasierten agrarischen Rohstoffen. http://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/030714_RUN_Nachhaltig_e_Bereitstellung.pdf (Aufgerufen am 26.10.2016).
- [BS08] Balmann A, Schaft F, 2008. Zukünftige ökonomische Herausforderungen der Agrarproduktion: Strukturwandel vor dem Hintergrund sich ändernder Märkte, Politiken und Technologien. Arch. Tierz., Dummerstorf 51. Sonderheft, 13-24.
- [EU14] EU-Kommission (Kommission der europäischen Gemeinschaften), 2014. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social Committee and the Committee of the regions (2014) (On the review of the list of critical raw materials for the EU and the implementation of the Raw Materials Initiative).
- [GB10] Götz S, Bernhardt H, 2010. Produktionsvergleich von Gleichstandsamt und Normalsamt bei Silomais. Landtechnik 2, 107-110.
- [GR99] Griepentrog H-W, 1999. Zur Bewertung der Flächenverteilung von Saatgut. Landtechnik 54, 78-79.

Precision Farming - Direkte und indirekte Erhebung von Makronährstoffen

Peter Wagner¹ und Michael Marz¹

Abstract: Die Sicherstellung eines bedarfsorientierten Makronährstoffdargebotes für Pflanzen ist ein essentieller Aspekt im Ackerbau. Gemäß Düngeverordnung und VDLUFA werden für die Bestimmung der Makronährstoffversorgung im Boden Beprobungsraster ab 1ha bzw. 3ha vorgeschlagen. Dieser Beitrag zeigt die Bedeutung einer sehr kleinräumigen Erhebung von Makronährstoffen auf. Ausgehend von einer durchgeführten Beprobung auf einem 65ha-Schlag im 1/16ha-Raster werden größere Raster simuliert und jeweils die Nährstoffverteilung berechnet. Im Ergebnis, unter rein pflanzenbaulichen Aspekten ohne Berücksichtigung von Beprobungskosten, ist auch die Erhebung im 1ha-Raster noch deutlich zu grob.

Keywords: Precision Farming, Makronährstoffe, sensorbasierte Nährstoffbestimmung

1 Einleitung

Die Sicherstellung eines bedarfsorientierten Makronährstoffdargebotes für Pflanzen ist ein essentieller Aspekt im Ackerbau. Hierbei ist es von Bedeutung, für alle Makronährstoffe gemeinsam ein Gleichgewicht zwischen Nährstoffverfügbarkeit und Nährstoffbedarf herzustellen. Regelwerke bzw. Orientierungswerte zur Ermittlung beider Faktoren [La08], orientieren sich in der Regel an den VDLUFA-Richtlinien [TH12]. Im Rahmen dieser Regelwerke und Richtlinien sind zunächst einige wenige Mischproben zur Bestimmung der Makronährstoffgehalte im Boden zu ziehen und auszuwerten. Darauf aufbauend wird ein Schlag in entsprechende Gehaltsklassen eingeteilt, an denen sich eine spätere Düngemittelgabe mit Berücksichtigung von gehaltsklassenspezifischen Zu- bzw. Abschlägen orientiert. In einem parallelen Schritt wird der Düngemittelbedarf anhand des zu erwartenden durchschnittlichen Gesamtertrages pro Hektar berechnet. Der Maßstab bzw. der Umfang der Bodenprobennahme orientiert sich an der Schlaggröße. Je nach Fläche wird der Schlag als Ganzes betrachtet, oder z.B. in 1, 3 bzw. 5ha-Raster aufgeteilt. Untersuchungen zeigen, dass die Größe der Raster bei der Einteilung des Schlages einen erheblichen Einfluss auf die Bewertung der Nährstoffverfügbarkeit im Boden und somit auf die Düngemittelgabe hat [GHW09, MW16]. Es stellen sich mit zunehmender Rastergröße höhere lokale Defizite oder auch Überschüsse in der Gabe menge ein, welche potentielle Mindererträge bzw. eine Verschwendung von Düngemitteln zur Folge haben.

¹ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Professur für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Karl-Freiherr-von-Fritsch-Straße 4, 06120 Halle (Saale), peter.wagner@landw.uni-halle.de, michael.marz@landw.uni-halle.de

Diese von einer bedarfsorientierten Nährstoffversorgung abweichenden sowie arbeits- und kostenintensiven Verfahren könnten dahingehend sowohl in wirtschaftlicher Hinsicht als auch in der räumlichen Auflösung verbessert werden, indem die Analyse sensorgestützt vor Ort zum Zeitpunkt der Befahrung bzw. Begehung erfolgt. Im Rahmen der Entwicklung entsprechender Sensorik verfolgen abgeschlossene und aktuelle Forschungsvorhaben u.a. das übergeordnete Ziel einer verbesserten Wirtschaftlichkeit durch Kosteneinsparung beim Düngermiteinsatz bzw. durch positive Ertragseffekte bei bedarfsgerechter Düngung. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist eine geringere Belastung der Umwelt, welche durch die Düngeverordnung vorgegeben ist.

2 Methodik

Die Informationsgrundlage bildet die Makronährstoffbestimmung von pflanzenverfügbarem Phosphor (**pvP**) aus dem Jahr 2006 in einem 25-Meter-Beprobungsraster (1/16 ha) auf einem 65 ha großen Versuchsschlag der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in Görzig (Sachsen-Anhalt). Der durchschnittliche Gehalt an **pvP** beträgt 8,3mg/100g, was in der Gehaltsklasse D einzuordnen ist. Für jede Beprobungszelle wurde nach TH12 eine Mischprobe (Kreisbeprobung um Parzellenmittelpunkt mit Radius 9 Meter und 12 Einstichen) entnommen und im Labor der Gehalt des pvP bestimmt. Im Anschluss wurde eine Bodenprobennahme „simuliert“. Innerhalb der Schlaggrenzen wurden je ein 1 ha, 3 ha und ein 5 ha Beprobungsraster erstellt und die realen Gehalte aus der laborativen Bestimmung des pvP im 25-Meter-Raster flächengewichtet gemittelt. Anschließend wurden die Gehalte in Gehaltsklassen nach DüV [La08] eingeordnet. Die Abb.1 visualisiert die Informationsgrundlage.

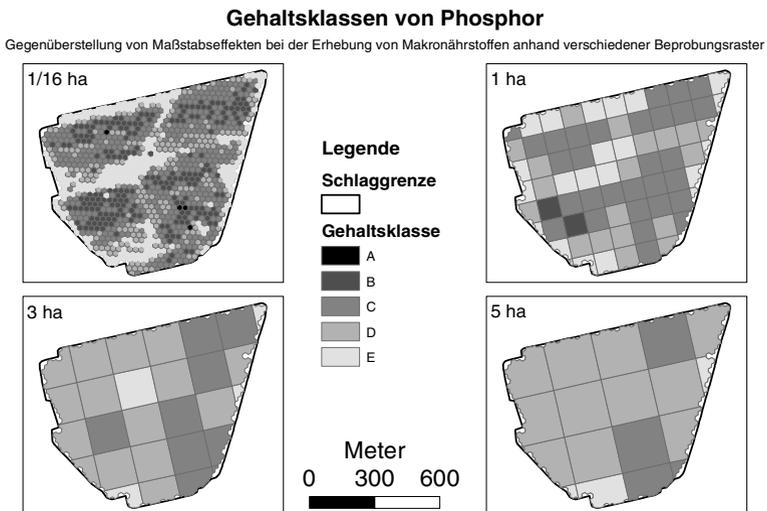


Abb. 1: Gehaltsklassen von Phosphor - Maßstabseffekte bei verschiedenen Beprobungsrastern

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse (vgl. Tab. 1 und Abb. 2) verdeutlichen, dass mit steigender Kantenlänge eines jeden Beprobungsrasters eine nächstfolgenden 3ha-Raster erfolgt eine überproportionale Gewichtung der Gehaltsklasse D. Annäherung bzw. Verschiebung der Bodengehalte in die schlageinheitliche Gehaltsklasse D erfolgt. Ab einem 1ha-Beprobungsraster wird die Gehaltsklasse A nicht mehr erfasst und beginnend mit dem

Raster	A	B	C	D	E
1/16ha	0,37	20,37	36,36	21,54	21,36
1ha	0,00	3,18	45,42	27,89	23,51
3ha	0,00	0,00	33,04	59,56	7,40
5ha	0,00	0,00	20,35	74,14	5,51

Tab. 1: Gehaltsklassenanteil in Prozent von Phosphor

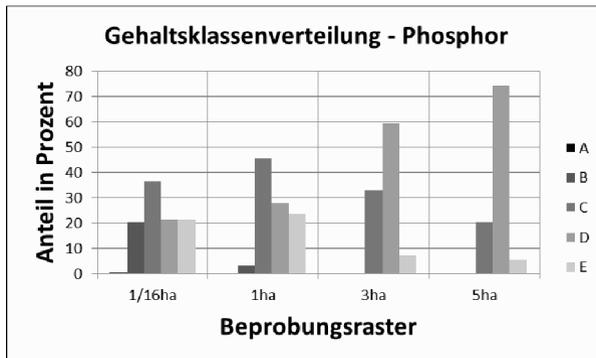


Abb. 2: Gehaltsklassenanteil von Phosphor in Prozent

4 Diskussion - Bedeutung einer kleinräumigen Erhebung von Makronährstoffen

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass bei der Wahl eines „groben“ Beprobungsrasters die Heterogenität der Makronährstoffverteilung nicht mehr hinreichend berücksichtigt werden kann. Bereits bei einem 1ha-Beprobungsraster tritt im Vergleich zum 1/16ha-Raster ein deutlicher Generalisierungseffekt bezüglich der räumlichen Variabilität der pVP-Verteilung auf. Im Rahmen einer Düngemittelgabe implizieren die Ergebnisse mit zunehmender Beprobungsfläche ein zunehmendes Gabedefizit, weil die Flächen mit ermittelten Gehaltsklassen A sowie B nicht mehr ausreichend versorgt werden. Ab einem 5ha-Raster kann sich auch ein Versorgungsdefizit auf Flächen mit C-Gehalten einstellen, da

hier die entzugsbasierte Düngemittelgabe reduziert wird. Demgegenüber steht eine Fehlinterpretation auf Bereichen mit der Gehaltsklasse E, die nicht hinreichend berücksichtigt werden können.

Zusammengefasst bedeutet dies im Rahmen des Pflanzenbaus: Je kleiner das Beprobungsraster, desto besser können lokale Versorgungsdefizite bzw. Versorgungsüberschüsse ermittelt werden. Derzeit sind die Kosten für Beprobung in sehr kleinen Rastern (z.B. wie hier vorgestellt 1/16 ha) prohibitiv hoch. Für die klassischen Makronährstoffe und den pH-Wert ist mit ca. 25 pro Raster (inkl. Analytik) zu rechnen. Zukünftig, wenn durch eine zuverlässige Sensorik (Stichwort „Sensor Fusion“ vgl. <http://www.bonares.de/portfolio/i4s/> zur aktuellen Forschung) die Bestimmung von Makronährstoffen während der Überfahrt kleinräumig möglich wird, entfallen Bodenproben und Laboruntersuchungen. Die derzeit noch hohen Kosten können so drastisch reduziert werden, das dient sowohl der Wirtschaftlichkeit als auch der Umwelt.

Literaturverzeichnis

- [GHW09] Gebbers, R.; Herbst, R.; Wenkel, K.-O.: Sensitivity analysis of soil nutrient mapping. In (Bregt, A. et al. Hrsg.): EFITA Conference '09. Papers presented at the 7th EFITA conference Wageningen, the Netherlands 6-8 July 2009. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 2009.
- [La08] Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau des Landes Sachsen-Anhalt (LLFG) Hrsg.: Richtwerte für die Untersuchung und Beratung sowie zur fachlichen Umsetzung der Düngeverordnung (DüV). Gemeinsame Hinweise der Länder Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt. veröffentlicht durch das Land Sachsen-Anhalt, Bernburg, Güterfelde und Rostock, 2008.
- [MW16] Marz, M.; Wagner, P.: Ist das Raster zu groß? Ratgeber Pflanzenbau & Technik 2016. In Bauern Zeitung, 2016, Sonderheft Oktober 2016; S. 16–19.
- [TH12] Thun, R.; Hoffmann, G.: Die Untersuchung von Böden. VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 2012.

Precision Farming – Langzeitversuche mit Grunddüngungsstrategien

Peter Wagner¹ und Michael Marz¹

Abstract: Bei einem Langzeitversuch auf einem Versuchsschlag werden verschiedene Strategien, (i) variabel-teilflächenspezifisch, (ii) konstant-flächeneinheitlich und (iii) ohne Düngung, zur Grunddüngung verglichen. Dieser Beitrag stellt als zentrales Ergebnis dar, in welchem Maß sich in den letzten zehn Jahren die Makronährstoffgehalte am Beispiel des pflanzenverfügbaren Phosphors sowie des pH-Wertes entwickelt haben und dass eine variabel-teilflächenspezifische Düngestrategie zu einer deutlichen Verbesserung der Nährstoffversorgungssituation über die Zeit führt.

Keywords: Precision Farming, Makronährstoffe, Grunddüngung, Langzeitversuch

1 Einleitung

Die Sicherstellung eines bedarfsorientierten Makronährstoffdargebotes für Pflanzen ist ein essentieller Aspekt im Ackerbau. Hierbei ist es von Bedeutung, für alle Makronährstoffe gemeinsam ein Gleichgewicht zwischen Nährstoffverfügbarkeit und Nährstoffbedarf herzustellen. Dieses Gleichgewicht kann mit einer gleichmäßigen Düngung des Gesamtschlages nicht erreicht werden, zum einen sind die Nährstoffentzüge an verschiedenen Stellen des Schlages wegen uneinheitlicher Erträge unterschiedlich, zum anderen ist deshalb sowie wegen unterschiedlicher Bodeneigenschaften die Nährstoffverfügbarkeit höchst ungleichmäßig.

Bei einem Langzeitversuch auf einem 65 ha Versuchsschlag der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg bei Görzig in Sachsen-Anhalt werden verschiedene Strategien zur Grunddüngung verglichen. Die Schwerpunkte des Langzeitversuches liegen in der Evaluierung der (sich verändernden) Makronährstoffversorgung im Boden, von Ertragseffekten sowie der daraus resultierenden monetären Effekte. Der Versuch ist in seiner Laufzeit nicht beschränkt. Er erlaubt aufgrund verschiedener Störeinflüsse (noch) keine endgültige Aussage zu den betrachteten Effekten.

¹ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Professur für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Karl-Freiherr-von-Fritsch-Straße 4, 06120 Halle (Saale), peter.wagner@landw.uni-halle.de, michael.marz@landw.uni-halle.de

2 Methodik

Der Versuchsschlag wurde in drei Versuchsglieder unterteilt. Auf dem Schlag werden seit dem Jahr 2006 unterschiedliche Grunddüngungsstrategien angewandt. Es handelt sich um eine variabel-teilflächenspezifische Variante (VTV, „Precision Farming“), eine konstant-flächeneinheitliche Variante (KFV), sowie um eine NULL Variante (NV) bei der keine Gabe erfolgt. Für das Monitoring und die anschließende Evaluierung werden jährlich alle relevanten Parameter, wie z.B. die Gabemengen und der Ertrag erfasst. Die Makronährstoffversorgung im Boden wird jährlich auf 45 festen Monitoringpunkten und alle fünf Jahre vollflächig in einem 36*36 m-Raster (n=508, ohne Randparzellen) erhoben. Die Düngung und Kalkung erfolgt entsprechend dieses Rasters nach Maßgabe der ermittelten, rasterspezifischen Gehalte an Makronährstoffen und der erwarteten Entzüge im Durchschnitt der Fruchtfolge. Für die VTV wird jede Rasterzelle differenziert behandelt. Für die KFV werden die Werte der Rasterzellen über alle KFV-Versuchsglieder gemittelt, der Mittelwert dient dann als Bemessungsgrundlage bei der Düngungsplanung. Die NV wird nicht gedüngt. Für die nachfolgende Auswertung werden die Versuchsjahre 2006, 2011 und 2016 ausgewählt, bei denen die Makronährstoffinformationen vollflächig vorliegen.

3 Ergebnisse

Die Erfassung der Phosphorgehalte und des pH-Wertes auf Teilflächen der verschiedenen Grunddüngungsvarianten werden in den Tabellen 1 und 2 jeweils als mittlere Gehalte sowie die daraus abgeleiteten Gehaltsklassen und dem Variationskoeffizienten dargestellt. In Bezug auf die Phosphorversorgung zeigt sich, dass der Schlag im Jahr 2006 auf allen Teilflächen mit den drei verschiedenen Grunddüngungsvarianten überversorgt war. Vom Niveau her sind die drei Varianten in der Ausgangslage vergleichbar. Mit Beginn der Versuche wurde bis 2011 auf den Teilflächen der VTV und der KFV eine Angleichung an die mittlere Gehaltsklasse C (Zielgehalt) erreicht. Auf den Teilflächen der NV geht die Phosphorverfügbarkeit stärker bis in die Versorgungsklasse B zurück. Beim pH-Wert wurde für das Jahr 2006 auf allen Teilflächen die Gehaltsklasse B und für die Folgejahre auf den Teilflächen der VTV sowie KFV die Zielgehaltsklasse C im Mittel bestimmt. Die Teilflächen der NV bleiben auf dem Niveau der Gehaltsklasse B. Beim Variationskoeffizienten kann sowohl für Phosphor als auch für den pH-Wert festgestellt werden, dass bei der VTV die Varianz beginnend im Jahr 2006 zum Jahr 2016 fast linear kleiner wird, die Nährstoffversorgung wird also homogener. Auf den Teilflächen der KFV und der NV ergeben sich differenzierte Ergebnisse. Bei Phosphor bleibt der Variationskoeffizient bei der KFV auf hohem Niveau nahezu konstant - die Nährstoffversorgung bleibt also ungleichmäßig -, bei NV nimmt der Variationskoeffizient hingegen zu. Beim pH-Wert schwankt der Variationskoeffizient bei der NV auf hohem Niveau, nimmt der bei der KFV leicht, bei der VTV hingegen am stärksten ab. Wie bei Phosphor wird also auch beim pH-Wert der Versorgungszustand durch teilflächenspezifische Düngung homogener.

Jahr / Strategie	Mittlere P-Gehalte und Gehaltsklasse je Jahr			Variationskoeffizient je Jahr		
	2006	2011	2016	2006	2011	2016
VTV	7,8 (D)	5,2 (C)	5,7 (C)	0,47	0,44	0,40
KFV	7,9 (D)	5,6 (C)	6,0 (C)	0,53	0,62	0,62
NV	7,9 (D)	3,9 (B)	3,5 (B)	0,45	0,57	0,67

Tab. 1: Mittlere Phosphorgehalte in mg/100g und Gehaltsklassen sowie Variationskoeffizienten je Grunddüngungsvariante und Jahr; VTV = variabel-teilflächenspezifische Variante; KFV = konstant-flächeneinheitliche Variante; NV = keine Düngung

Strategie	Mittlere pH-Werte und Gehaltsklasse je Jahr			Variationskoeffizient je Jahr		
	2006	2011	2016	2006	2011	2016
VTV	5,8 (B)	6,5 (C)	6,6 (C)	0,08	0,05	0,03
KFV	5,9 (B)	6,5 (C)	6,7 (C)	0,08	0,06	0,05
NV	5,8 (B)	6,0 (B)	6,2 (B)	0,07	0,08	0,06

Tab. 2: Mittlere pH-Werte und Gehaltsklassen sowie Variationskoeffizienten je Grunddüngungsvariante und Jahr; VTV = variabel-teilflächenspezifische Variante; KFV = konstant-flächeneinheitliche Variante; NV = keine Düngung

4 Diskussion

Die Versorgung von pflanzenverfügbarem Phosphor und dem eingestellten pH-Wert auf der VTV bzw. KFV lässt den Schluss zu, dass die Teilflächen auf dem Versuchsschlag optimal versorgt sind, weil ab dem Jahr 2011 die Zielgehaltsklasse C erreicht wird. Die Versorgung auf den Teilflächen der NV nimmt bei Phosphor erwartungsgemäß ab. Der Variationskoeffizient macht jedoch deutlich, dass die interpretierte ausgeglichene Makronährstoffversorgung bzw. der pH-Wert innerhalb der Teilflächen einer jeden Variante sehr inhomogen verteilt ist; d.h. die Gehalte bzw. Gehaltsklassen schwanken innerhalb jeder Variante, sodass lokal ein Versorgungsdefizit oder ein Versorgungsüberschuss auftritt. Bei der Steuerung der Makronährstoffversorgung ist es das Ziel, die Gehaltsklasse C flächendeckend herzustellen, d.h. die Varianz zu verringern. Dieses Ziel wird tendenziell von 2006 bis 2016 nur mit der VTV erreicht. Die KFV führt beim Phosphor gar zu einer vom Optimum abweichenden lokalen Nährstoffversorgung, da die Varianz steigt.

Eine Verringerung der Varianz und eine flächendeckend ausgeglichene Makronährstoffversorgung in der Gehaltsklasse C ist für den Pflanzenbau von besonderer Relevanz. Untersuchungen zeigten, dass die Erträge auf Flächen mit Unter-, aber auch mit Überversorgung geringer sind als auf optimal versorgten Flächen [SC00, MW16]. Dies bedeutet, dass sich auf überversorgten Flächen Mindererträge einstellen und gleichzeitig

Düngemittel verschwendet werden. Dies ist in zweifacher Hinsicht der Wirtschaftlichkeit abträglich und auch hinsichtlich der Umweltwirkung unerwünscht. Der zu wenig ausgebrachte Dünger auf unterversorgten Flächen führt zwar zu geringeren Kosten, der entgangene Erlös durch Mindererträge ist aber weit höher; somit dürfte sich auch bei unterversorgten Flächen die Wirtschaftlichkeit durch sachgerechte Düngung verbessern. Endgültige Aussagen zur Wirtschaftlichkeit einer teilflächenspezifischen Grunddüngung können allerdings erst nach Einbeziehung der Kosten für die kleinräumige Bestimmung der Bodengehalte getroffen werden. Es ist zu erwarten, dass diese Kosten durch Einsatz von Sensorik stark sinken werden: Entnahme von Bodenproben und Laboruntersuchungen sind dann ja nicht mehr notwendig.

5 Zusammenfassung

Bei einem Langzeitversuch auf einem 65 ha großen Versuchsschlag der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg bei Görzig in Sachsen-Anhalt, dessen Schwerpunkt u.a. in der Evaluierung der (sich verändernden) Makronährstoffversorgung im Boden liegt, werden verschiedene Strategien zur Grunddüngung verglichen. Auf verschiedenen Teilflächen werden eine variabel-teilflächenspezifische Variante (VTV, „Precision Farming“), eine flächeneinheitlich-konstante Variante (KFV), sowie um eine NULL-Variante (NV) bei der keine Gabe erfolgt, angewandt. Obgleich die Teilflächen im Mittel die Phosphor- und pH-Wertzielgehaltsklassen C erreichen, verdeutlicht die Betrachtung des Variationskoeffizienten, dass die Versorgungssituation räumlich sehr heterogen ist. Die Konsequenz ist eine lokale Überversorgung bzw. eine Unterversorgung, die im Pflanzenbau einen lokalen Minderertrag bzw. eine lokale Verschwendung von Düngemitteln zur Folge hat. Diese Zwischenergebnisse des Dauerversuches lassen den vorläufigen Schluss zu, dass die VTV als einzige Grunddüngungsvariante auf allen entsprechenden Teilflächen eine Angleichung an die Zielgehaltsklasse C beim pH-Wert sowie beim Phosphor ermöglicht, Precision Farming in der Grunddüngung also über die Zeit zu einer deutlichen Verbesserung der Nährstoffversorgungssituation führt.

Literaturverzeichnis

- [MW16] Marz, M.; Wagner, P.: Ist das Raster zu groß? Ratgeber Pflanzenbau & Technik 2016. In Bauern Zeitung, 2016, Sonderheft Oktober 2016; S. 16–19.
- [SC00] Schilling, G.: Pflanzenernährung und Düngung. Ulmer, Stuttgart, 2000.

Verbesserung mobiler Arbeitsprozesse mit Methoden von Big Data und Data Analytics

Heinrich Warkentin¹, Thilo Steckel², Alexander Maier³ und Ansgar Bernardi⁴

Abstract: Im Gegensatz zu industriellen Fertigungsprozessen werden landwirtschaftliche Prozesse immer noch vorwiegend erfahrungsbasiert geplant und gesteuert. Wesentliche Ursachen hierfür sind die erschwerte Vorhersagbarkeit von Umgebungsbedingungen durch die hohe Umweltexposition und der Mangel an quantitativen Informationen zur Bestimmung präzise beschriebener Handlungsvorschläge. Die sich schnell entwickelnde Fähigkeit zur Erfassung, Übertragung, Analyse und anwendergerechten Aufbereitung großer, maschinenbezogenen Datenmengen in kurzen Zeiträumen liefert zumindest in Teilbereichen Verbesserungsmöglichkeiten. Dieser Beitrag beschreibt die Vorgehensweise zum Aufbau einer geeigneten Infrastruktur und der Analyse von großen Datenmengen am Beispiel des Mähdreschers mit dem Ziel der Produktivitätsverbesserung.

Keywords: Mähdrescher, Prozess, Big Data, Data Analytics, Anomalieanalyse

1 Einleitung

Beim Vergleich von Daten zur Einsatzproduktivität von Mähdreschern (t/h) fällt auf, dass beste Ergebnisse und durchschnittliche Ergebnisse um den Faktor 2 abweichen. Großmähdrescher zeigen unter optimalen Bedingungen mit über 80 Tonnen pro Stunde einen doppelt so hohen Durchsatz, wie vergleichbare Maschinen aus einer großen Stichprobe (CLAAS Telematics). Auch wenn diese Zahlen noch keine Aussage über den wirtschaftlichen Erfolg zulassen, ist erkennbar, dass Verbesserungspotenziale vorhanden sind. Typische Schwachstellen lassen sich zwar auf allgemeiner Ebene benennen. Eine nachhaltige Beseitigung ist aber nur möglich, wenn Prozesse in größerer Detailtiefe beschrieben und dadurch besser analysierbar gemacht werden. Im Rahmen des vom Bundesministerium für Forschung und Bildung geförderten Projektes AGATA werden eine Infrastruktur und mathematische Verfahren zur Identifikation und Analyse von Maschinen- und Prozessanomalien entwickelt, die im weiteren Fortgang eine solche Verbesserung ermöglichen.

¹ CLAAS E-Systems, Advanced Development, Bäckerkamp 21, 33330 Gütersloh, heinrich.warkentin@claas.com

² CLAAS E-Systems, Advanced Development, Bäckerkamp 21, 33330 Gütersloh, thilo.steckel@claas.com

³ Fraunhofer IOSB-INA, Langenbruch 6, 32657 Lemgo, alexander.maier@iosb-ina.fraunhofer.de

⁴ Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Trippstadter Str. 122, 67663 Kaiserslautern, ansgar.bernardi@dfki.de

2 Status quo bei der Verarbeitung von Maschinendaten

Aktuelle landwirtschaftliche Arbeitsmaschinen verfügen über eine CAN-Bus Architektur zur Erfassung von Betriebs- und Umgebungszuständen sowie Steuerung und Dokumentation von Prozessen. Ursprüngliche Motivation zur Entwicklung dieser Technologie war die Automatisierung von Selbstfahrern und Kombinationen von Zugmaschine und Anbaugerät. Anwendungen im Bereich Precision Farming und Telematik erweiterten diesen Ansatz, so dass Maschinendaten unter Anwendung drahtloser Kommunikationstechnologien auch auf verteilten, räumlich entfernten Systemen verarbeitet werden. Die Anzahl von in den Maschinen eingeführten Attributen hat im Laufe der Zeit stark zugenommen. Der Großmähdrescher CLAAS LEXION verfügt über einen Satz von über 4.300 Attributen. 70 dieser Attribute kommen - periodisch erfasst - in CLAAS-Telematics zur Anwendung. Die prinzipielle Möglichkeit zur ereignisgesteuerten Erfassung (teilweise < 25 ms) sämtlicher Attribute (leistungsfähige Logger), ihrer Übertragung (LTE) und stark parallelisierten Verarbeitung (Map-Reduce) führte zu der Überlegung, weitere Attribute zur Analyse, Bewertung und Verbesserung des Maschinenverhaltens zu nutzen. Aktuell genutzte Logger, Kommunikationsstandards unterhalb LTE und relationale Datenbanken sowie bislang genutzte Algorithmen stoßen bei der Verarbeitung großer Datenmengen mit heterogenen Strukturen an Grenzen. Folglich wurde im Rahmen des Projektes eine neue Systemarchitektur entwickelt und erprobt.

3 Nutzung von Big Data Technologien zur Maschinenanalyse

3.1 Erfassung von Maschinendaten

In 2 landwirtschaftlichen Betrieben wurden 7 Mähdrescher der Baureihe LEXION mit Datenloggern ausgestattet, die entsprechend einer vorgegebenen Konfiguration (Attribut, Erfassungsregel) definierte CAN-Nachrichten erfassen, vorverarbeiten, speichern und übertragen, sofern eine Netzverfügbarkeit gegeben ist. Durch den Austausch von Datenbankdateien zur Attributbeschreibung können die Logger für unterschiedliche Maschinen angepasst und genutzt werden. Die Datenerfassung erfolgt ereignisorientiert und ermöglicht eine genauere Zuordnung als in bislang praktizierten Verfahren mit fest definierten Intervallen. Die Hardware basiert auf einer ARM-Architektur, so dass Implementierungen auch auf dem kompatiblen Raspberry Pi vorgenommen werden können. Die Datenerfassung erfolgte in den Erntekampagnen 2014 und 2015. Im ersten Jahr wurden die Daten zunächst noch lokal abgespeichert, im Folgejahr via LTE direkt auf die Zielumgebung gestreamt.

Weiterhin wurden 5 der 7 Maschinen mit Videokameras (GoPro) ausgestattet, die das Vorfeld der Maschine erfassen. Die Kameras (1 Bild pro Minute) wurden für die spätere Verarbeitung mit der jeweiligen Systemzeit der Maschinen synchronisiert.

3.2 Übertragung von Maschinendaten

Für die Datenübertragung wurde ein LTE-Modul integriert. Maschinen- und Serverseitig erfolgte die Anbindung wahlweise mit KAFKA und MQTT-Schnittstellen. Die Netzverfügbarkeit war in den meisten Fällen gegeben, so dass die Daten unmittelbar zur Weiterverarbeitung verfügbar waren. Datentarife mit einem monatlichen Volumen von 5 Gigabyte reichten aus.

3.3 Serverseitige Verarbeitung der Maschinendaten

Zur serverseitigen Verarbeitung der Maschinendaten wurde ein Hadoop-System aufgebaut. Hadoop ist ein Framework, das die Verteilung rechenintensiver Prozesse auf mehrere Server ermöglicht. Hierzu wird mit Hilfe des *map-reduce*-Algorithmus ein großer Berechnungsprozess in kleine Prozesse zerlegt, zur Abarbeitung auf separate Server verteilt und danach wieder zusammen geführt. Im Projekt kamen 1 Management-Node und 4 Data-Nodes (5 Server, 24 Kerne je Knoten, 64 GB RAM je Knoten) zu Einsatz. Die Anzahl der Data-Nodes kann je nach Anforderung beliebig erhöht werden.

3.4 Analyse und Visualisierung von Maschinen- und Prozessdaten

Für die Analyse der erfassten Daten sind bekannte Anwendungen wie Excel nur sehr eingeschränkt geeignet. Die Beschränkung auf 1 Mio. Zeilen, fehlende Unterstützung für die Parallelisierung und der Mangel an fortgeschrittenen Algorithmen erfordert leistungsfähigere Werkzeuge. Die Online-Analyse erfolgt mit Apache-Storm und –Spark, die Offline-Analyse R und Python. Sie integrieren sich nahtlos in der Serverumgebung. Eine Erweiterung des Hadoop-Frameworks über Module ist möglich.

Ziel der Datenanalyse ist es, durch kombinierte Betrachtung vielfältiger Parameter Hinweise auf mögliche Ursachen für die gute (oder schlechte) Prozessleistung zu finden und so bisher unbekanntes Verbesserungsmöglichkeiten zu identifizieren. In diesem Sinne „interessante“ Auffälligkeiten können alleine auf Basis der vorhandenen Daten durch Anwendung von „überwachen“ oder „unüberwachten“ Verfahren des Maschinellen Lernens gefunden werden. Unüberwachte (rohdaten-basierte) Verfahren untersuchen Daten auf statistische Zusammenhänge. Vertreter dieser Kategorie sind z.B. Zeitreihenanalysen oder Clustering-Verfahren. Überwachte Verfahren werden zunächst mit bereits bewerteten Daten trainiert (also z.B. mit Datensammlungen, die eine von Domänenexperten als „hervorragend“ bewertete Performanz zeigen). In beiden Fällen werden anschließend eventuelle, vom erwarteten bzw. erlernten Verhalten abweichende Datenmuster erkannt („Anomalie-Detektion“), die Hinweise auf mögliche besondere Betriebszustände und damit Eingriffspotentiale geben. Für die Bewertung dieser Hinweise müssen dann Expertenmeinungen oder zusätzliche Informationen hinzugezogen werden. Ergänzend können modellbasierte Verfahren zum Einsatz kommen: Formalisiertes Modellwissen über den Drusch- oder Logistikprozess erlaubt die Berechnung von Vorhersagen und das sofortige Erkennen von Abweichungen.

3.5 Analyseergebnisse am Beispiel des Mähdruschprozesses

Am Beispiel der aufgezeichneten Mähdrusch-Datensätze konnte das Potential der automatisierten Datenanalyse exemplarisch erprobt werden: Zunächst werden aus der Vielzahl der verfügbaren Parameter einige geeignete ausgewählt. Unüberwachte Verfahren berechnen nun laufend Korrelation zwischen den Parametern und die zeitlichen Trends innerhalb der Parameter. Dabei fallen z.B. plötzliche Einbrüche im Massendurchsatz oder im Druschertrag (immer unter Berücksichtigung der Fahrgeschwindigkeit) als Anomalie in der Zeitreihe auf (siehe Abb. 1: Zeitreihendarstellung für Sensordaten aus Mähdrusch-Prozess). Ergänzend werten wir die aufgezeichneten Kamerabilder aus: Ein Bildanalysealgorithmus wurde auf das Erkennen von „Lagergetreide“ trainiert. Fällt nun die erkannte Durchsatz-Anomalie mit der im Bild erkannten Situation zusammen, gewinnen wir kleinräumig detailliertes Wissen über die mit dieser Situation verbundenen Performanceeinbußen. Gleichzeitig können die identifizierten Datenmuster ab sofort als bildunabhängige Identifikation der Problematik „Lagergetreide“ genutzt werden.

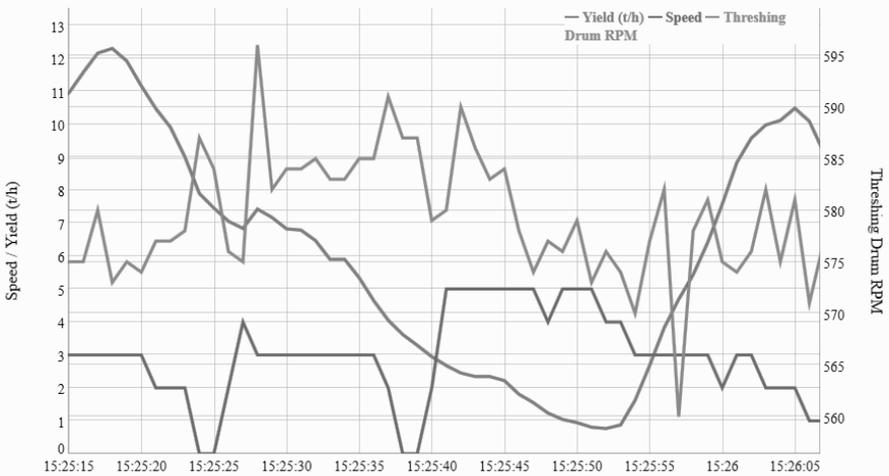


Abb. 1: Zeitreihendarstellung für Sensordaten aus Mähdrusch-Prozess

3.6 Ausblick

Beim Aufbau der Big Data-Plattform zu Identifikation von Prozessanomalien hat sich gezeigt, dass eine detaillierte Auseinandersetzung mit neuen Technologien, Methoden und Kompetenzen erforderlich ist. Nach ersten erfolgreichen Experimenten zeigt sich der Bedarf zur Entwicklung eines umfassenden Methoden-Baukastens, der Anforderungen aus allen Phasen des Maschinen-Lebenszyklus berücksichtigt.

Anforderungen an den Einsatz von Multikoptern zur kontinuierlichen Informationsbereitstellung für Echtzeitanwendungen im Pflanzenbau

Karl Wild¹ und Torsten Schmiedel²

Abstract: Der Einsatz von Multikoptern, auch „Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)“ oder umgangssprachlich als „Drohnen“ bezeichnet, hat in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen. Ungünstig beim gegenwärtigen Einsatz von UAV sind die Notwendigkeit einer Bedienung, kurze Flugzeiten und geringe Nutzlasten sowie der Offline-Betrieb. Der vorliegende Artikel beschreibt die Anforderungen an ein UAV als ständigen Begleiter von landwirtschaftlichen Fahrzeugen oder selbstfahrenden Arbeitsmaschinen ohne Begrenzung der Flugzeit, um eine Basis zur Informationsgewinnung in Echtzeit zu schaffen.

Keywords: Multikopter, UAV, Drohne, Plattform, Flugzeit, Informationsbereitstellung, Echtzeitanwendungen, Online-Betrieb, Prozesssteuerung, Pflanzenbau

1 Situationsanalyse zum UAV-Einsatz in der Landwirtschaft

Multikopter bzw. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) werden mittlerweile von vielen Landwirten in der Pflanzenproduktion eingesetzt. Darüber hinaus wird in den kommenden Jahren von einer erheblichen Zunahme ausgegangen. Es wird z. B. prognostiziert, dass in den USA die Verkaufszahl für UAV in der Landwirtschaft von gegenwärtig etwa 40.000 Stück pro Jahr in den nächsten zehn Jahren sich mehr als vervierfachen wird [JV13]. Damit wäre die Verkaufszahl beinahe so hoch, wie gegenwärtig für Traktoren [Wi13]. Der Grund für diesen rasanten Aufstieg ist die Nutzung für verschiedenste Aufgaben, wobei ständig neue Anwendungen hinzukommen (Tab. 1).

Für einen Einsatz reist gegenwärtig der Pilot mit dem UAV im PKW an, rüstet dieses für den Flug an, führt die Befliegung mit der zu erledigenden Aufgabe durch und verlässt dann wieder den Einsatzort. Die generierten Informationen stehen in den häufigsten Fällen erst nach Beendigung des Fluges zur Verfügung und werden dann z. B. für spätere Düngemaßnahmen herangezogen. Gegenwärtig sind wirkliche Echtzeitanwendungen der gewonnenen Daten praktisch ausgeschlossen. Sie wären aber eine Voraussetzung für eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten (Tab. 2).

¹ Zentrum für angewandte Forschung und Technologie e.V. an der HTW Dresden, Inhaber der Professur für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft, Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden, wild@pillnitz.htw-dresden.de

² Zentrum für angewandte Forschung und Technologie e.V. an der HTW Dresden, Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft, Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden, torsten.schmiedel@zaft.htw-dresden.de

Erfassung von Pflanzeigenschaften			
●Bestandshöhe	●Nährstoffstatus	●Pflanzenkrankheiten	
●Biomasse	●Wassermangel	●Schädlingsbefall	
●Ertragschätzung	●Reifegrad	●Unkraut- und Unkrautdichteerkennung	
Bodenparameter- erfassung	Schadstellen- erfassung	Betriebsmittel- einsatz	Verschiedenes
●Bodenstruktur	●Hagelschäden	●Nützlings- verteilung	●Wilddetektion
●Erosionsschäden	●Wild- und Mäuseschäden	●Pflanzenschutz- mittelausbringung	●Flächenvermessung
●Drainagen- lokalisierung	●Vernässungs- stellen	●Vergrämungsmit- telausbringung	●Mietengrößenbestim- mung bei Zuckerrüben

Tab. 1: Gegenwärtige Anwendungen und Entwicklungen von UAV in der Pflanzenproduktion [Ac14; Ru14]

Prozesssteuerung	Umgebungserkundung
●Abdrifterfassung bei Pflanzenschutz- maßnahmen	●Wegerkundung
●Überprüfung der Düngemittelverteilung	●Befahrbarkeitsüberprüfung
●Verlusterfassung bei Erntearbeiten im Grünland	●Hindernis- und Fremdkörpererkennung
●Schwad- und Gutstromanalyse	●Wildrettung / -schonung
●Selektive Ernte / Selektive Mahd	●Gelege- und Tierbautenlokalisierung
●Unkraut- und Giftpflanzenseparation	●Ladungssicherung / Verkehrssicherung
●Überprüfung von Bodenbearbeitungs- maßnahmen	●Überwachung von Be- und Entladevor- gängen
●Verlustkornbestimmung beim Mähdrusch	●Ausleuchtung des Arbeitsbereiches
●Teilflächenspezifische Bodenbearbeitung	●Markierung von POI (Points of Interest)
●Maschinenüberwachung	●Probengewinnung und -transport

Tab. 2: Einsatzbeispiele für Echtzeitanwendungen von UAV in der Pflanzenproduktion [Wi15]

Diese neuen Anwendungen bringen aber zusätzliche Anforderungen an das UAV mit sich. Für Anwendungen wie die Steuerung von Prozessen in einer Landmaschine ist eine kontinuierliche Datenbereitstellung durch das UAV notwendig. Das UAV muss also ständig verfügbar und praktisch so lange im Flug sein, wie die Landmaschine im Einsatz ist. Dem stehen aber gegenwärtig der Transport im PKW und vor allem die sehr begrenzte Flugzeit von ein paar Dutzend Minuten gegenüber. Außerdem müsste der Pilot ständig anwesend sein, da gegenwärtig Flugroutinen in einem nur sehr begrenzten Rahmen automatisiert ablaufen. Da während eines Landmaschineneinsatzes die Aufgabe auch wechseln kann, werden verschiedene Sensoren und Aktoren benötigt. Ein multifunktionales Sensor- und Aktorwerkzeug würde aber ein relativ hohes Gewicht (kürzere Flugzeit!) und große Abmessungen zur Folge haben.

2 Anforderungen

Für eine schnelle Verfügbarkeit ist der Transport im PKW ungünstig. Eine Alternative wäre das einsatzbereite UAV auf einem (PKW-) Anhänger z. B. unter einer automatisch klappbaren Schutzhaube zu transportieren. Diese Variante bietet sich v. a. dann an, wenn mit dem UAV Aktorik in Kombination mit der Verwendung von Betriebsmitteln zum Einsatz kommt (z. B. Spritzen von Pflanzenschutzmitteln). Der Anhänger würde auch die Betriebsmittel transportieren. Nachteilig wäre aber, dass der Anhänger zusätzlichen Aufwand erfordert und nur selten mit der Landmaschine transportiert werden kann.

Sehr viel besser wäre der Transport des UAV auf der Landmaschine, insbesondere für sensorischen Aufgaben im Echtzeitbetrieb. Dieser könnte auf einer Plattform, installiert z. B. auf dem Kabinendach des Traktors, erfolgen. Gleichzeitig dient die Plattform als Start- und Landeplatz. Das Starten und Landen muss automatisiert erfolgen, und das während der Fahrt. Voraussetzung hierfür ist eine sehr genaue Positionsermittlung und Ansteuerung der sich bewegenden (und manchmal auch geneigten) Plattform. Erforderlich ist eine Genauigkeit von ± 1 mm, damit nachfolgend beschriebene Funktionen gewährleistet sind. Dies ist mit GPS im dynamischen Betrieb nicht möglich. Hilfreich wäre hier ein mehrstufiges Verfahren: GPS für die „Grobpositionierung“, ein optisches Verfahren zur Justierung auf ± 5 cm und eine mechanische Ausricht- / Zentriereinrichtung auf der Plattform, um den ± 1 mm – Level zu erreichen.

Witterungs- und Staubschutz für das UAV stellt kein großes Problem dar, da UAVs mittlerweile nicht nur fliegen, sondern auch tauchen können [JDD16]. Schwieriger gestaltet sich die Energieversorgung für einen Dauerbetrieb. Eine Versorgung über Laserstrahlen [NK10], Brennstoffzellen [Ka14] oder Solarzellen [Sh15] ist in absehbarer Zukunft noch zu teuer oder nicht praxisreif. Naheliegender wäre die Stromversorgung über ein langes Kabel [Gi14]. Dieses „an die Leine nehmen“ würde aber viele Funktionen unterbinden und kommt deshalb weniger in Frage. Was gegenwärtig übrig bleibt, ist eine Versorgung über Akkus, aber ein Dauerbetrieb erfordert ein kontinuierliches Wechseln und auch Laden der leeren Akkus. Da ein Wechsel sehr häufig anstehen würde und auch während der Fahrt der Landmaschine möglich sein muss, ist dafür ein automatisiertes Verfahren auf der Start- und Landeplattform unumgänglich. Neben dem Akkuwechsel ist auch ein automatisierter Wechsel der Sensoren oder Aktoren notwendig, da während eines Arbeitstages unterschiedliche Aufgaben mehrfach anstehen können.

Ebenso automatisiert muss der Flugbetrieb des UAV erfolgen, so dass der Fahrer des Traktors oder der Arbeitsmaschine sich in erster Linie seinen Hauptaufgaben widmen kann. Neben dem automatisierten Starten und Landen sind mindestens drei weitere automatisierte Standardflugroutinen erforderlich: Abfliegen einer vorgegebenen Strecke oder Fläche, Fliegen in einer ständig einzuhaltenden relativen Position zur Landmaschine, Umkreisen der Landmaschine in einem konstanten oder variierenden Abstand.

Unumgänglich ist auch ein System zur Kollisionsvermeidung des UAV. Da der Landmaschinenfahrer in den Flugbetrieb wenig einbezogen ist und in vielen Fällen mit Hin-

dernissen zu rechnen ist, muss auch diese Funktion automatisiert sein. Kollisions-schutzeinrichtungen sind bereits auf dem Markt verfügbar [Em16]. Derartige Systeme beruhen z. B. auf der Reflexionsnutzung oder auf der Triangulation. Alle Systeme weisen aber Vor- und Nachteile auf. Auch ergibt sich bei einer guten Hinderniserkennung häufig eine starke Herabsetzung der Fluggeschwindigkeit. Besser wäre deshalb die Kombination von Verfahren. Dies verbraucht aber viel an Ressourcen des UAV. Von daher ist zu überlegen, ob sich das UAV und Technik auf der Start- und Landeplattform die Kollisionsvermeidungsaufgabe aufteilen: die Umgebungsgroberfassung erfolgt durch die „Plattform“, die Feinsteuerung durch das UAV.

Ausgehend von den vorgestellten Anforderungen an UAVs in Verbindung mit der Anbindung an den ISOBUS der Landmaschine kann ein Echtzeit-Datenaustausch ermöglicht und die Steuerung der laufenden Prozesse verbessert werden.

Literaturverzeichnis

- [Ac14] Ackerman, E.: Yamaha Demos Agricultural RoboCopter, But Humans Can't Unleash It Yet, www.spectrum.ieee.org/automaton/robotics/drones/yamaha-demos-agricultural-robotcopter, Stand: 08.12.2016.
- [Em16] EmQopter: Collision Avoidance Assistant, www.qopter.de/caa.php, Stand: 08.12.2016.
- [Gi14] Gieselmann, C.: Entwicklung eines kabelgebundenen und autonomen UAV zum Einsatz als Trägerplattform in der Landwirtschaft. Bornimer Agrartechnische Berichte Heft 88, S. 142-144, 2014.
- [JDD16] Jones, K.; Dobrokhodov, V.; Dillard, C.: Aqua-Quad - solar powered, long endurance, hybrid mobile vehicle for persistent surface and underwater reconnaissance. Part I - platform design, OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey, CA, USA, S. 1-10, 2016.
- [JV13] Jenkins, D.; Vasigh, B.: Association for unmanned vehicle systems international - The economic impact of unmanned aircraft systems integration in the United States, www.qzprod.files.wordpress.com/2013/03/econ_report_full2.pdf, Stand: 09.12.2016.
- [NK10] Nugent, T. J.; Kare J. T.: Laser Power for UAVs. www.lasermotive.com/wp-content/uploads/2010/04/Wireless-Power-for-UAVs-March2010.pdf, Stand: 08.12.2016.
- [Ru14] Ruppe, J.: Möglichkeiten des Einsatzes von unbemannten Fluggeräten in Landwirtschaft und Naturschutz. 12. Tagung Landtechnik im Alpenraum, Feldkirch, 2014.
- [Sh15] Shaheed, M. H. et.al.: Flying by the Sun only: The Solarcopter prototype. *Aerospace Science and Technology* 45, S. 209-214, 2015.
- [Wi13] Wiesendorfer, G.: Worldwide Farm Machinery Markets. Fourth World Summit on Agriculture Machinery New Dehli, 2013.
- [Wi15] Wild, K.: System zum Erfassen von Parametern der Umwelt und Umgebung. Patentschrift DE 102013019098 B3, 2015.

IT-gestützte Optimierung der Düngeplanung in kleinen und mittleren landwirtschaftlichen Betrieben: Ein nachhaltiger Ansatz zur Steigerung des Betriebsergebnisses

Michael Wörle¹ und Tobias Gaugler²

Abstract: In kleinen und mittleren landwirtschaftlichen Betrieben erfolgt die Düngung aktuell zumeist lediglich in Form einer Standarddüngung. Im Rahmen des Beitrags wird ein Programm vorgestellt, das diese Betriebe dabei unterstützt, ihre Ertragsmenge bei gleichzeitiger Reduktion des Düngemiteleinsatzes zu erhöhen. Auswertungen einer Pilotphase sowie die aktuelle Anwendung legen nahe, dass sich mittels der softwareseitigen Optimierung eine Steigerung des Betriebsergebnisses im einstelligen Prozentbereich erzielen lässt.

Keywords: Düngeplanung, Optimierung, Gewinnsteigerung, Kostensenkung, Nachhaltigkeit

1 Einleitung und Zielsetzung

Zur Erreichung der 2015 von den Vereinten Nationen verabschiedeten 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDG) spielt die Landwirtschaft eine bedeutende Rolle. Als Nahrungsmittelproduzent kann eine florierende Agrarwirtschaft zur Reduktion von globaler Armut und Hunger beitragen (Ziele 1, 2, 3 und 12). Gleichzeitig zeichnet sie jedoch verantwortlich für einen hohen Ressourcenverbrauch sowie oftmals umweltschädliche Emissionen [GA13], [UN16]. In diesem Kontext steht jeder einzelne Landwirt vor der Herausforderung, hohe Ernteerträge zu erzielen – und dies bei möglichst geringer Umweltbelastung. Einen bedeutenden Stellhebel stellt hierbei die Menge der individuell zum Einsatz kommenden Düngemittel dar [DE12]. Auf Deutschland bezogen können die pflanzenspezifisch benötigten Nährstoffmengen sowie die optimalen Düngezeitpunkte als wissenschaftlich hinlänglich beforscht angenommen werden [WD12].

Inwieweit dieses Wissen Anwendung in der Praxis findet, hängt oftmals von der Größe des landwirtschaftlichen Betriebs ab. Aufgrund ihres i.d.R. größeren finanziellen Spielraums können Großbetriebe auf Technologien wie die teilflächenspezifische Düngung (ISARIA-Sensor, CROP-Sensor) oder Online-Tools zur Düngeplanung (Nextfarming.de, Yara Plan) zurückgreifen. Da der Einsatz dieser Innovationen kostenintensiv ist, ist ihre Anwendung jedoch für kleine bzw. mittlere landwirtschaftliche Betriebe, welche häufig im Nebenerwerb betrieben werden, kaum wirtschaftlich bzw. durch fehlende zeitliche

¹ Universität Augsburg, cand. M.Sc. Wirtschaftsingenieur, Dorfstr. 12, 86492 Egling, michael-woerle@web.de

² Universität Augsburg, Arbeitsgruppe „Märkte für Menschen“ Alter Postweg 101, 86159 Augsburg, tobias.gaugler@mrm.uni-augsburg.de

Kapazitäten in der Einarbeitung zu aufwendig. Im Resultat erfolgt die Düngung häufig lediglich in Form einer Standarddüngung. Da allein 50,4% aller landwirtschaftlichen Betriebe im Nebenerwerb arbeiten und mit einer Fläche von ca. 2,75 Mio. Hektar etwa 25% der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Deutschland bewirtschaften [SB13], wird deutlich, dass eine Verbesserung bei der Düngplanung gerade dieser Betriebe großes Verbesserungspotenzial birgt. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Forschungsfrage, wie kleine und mittlere landwirtschaftliche Betriebe dabei unterstützt werden können, ihren Düngemiteleinsatz aus ökonomischer und ökologischer Perspektive – und damit nachhaltig – zu verbessern.

2 Funktionalität und Leistungsumfang

Nachdem die Relevanz einer Düngungsoptimierung aufgezeigt wurde, soll ein Ansatz zur Schließung der Forschungslücke vorgestellt werden. Konkret handelt es sich um eine IT-gestützte Düngemittelplanung, bei deren Entwicklung ein Schwerpunkt auf Praxis-tauglichkeit gelegt wurde. Die Funktionalität der Software, die unter dem Namen OptiDung firmiert, wird in Abb. 1 visualisiert und im Anschluss textuell näher erläutert.

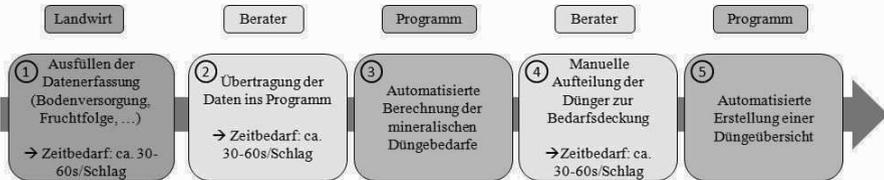


Abb. 1: Ablauf der Düngplanung mit OptiDung: Arbeitsschritte für Landwirt und Berater

Schritt 1: Als Basis für die Düngplanung dient eine schlagspezifische Datenerfassung. Hierbei macht der Landwirt Angaben zur Fruchtfolge, zur Ertragsersparnis, zur organischen Düngung und zur Bodenart. Zudem werden Bodenuntersuchungsergebnisse berücksichtigt, welche innerhalb eines Intervalls von 6 Jahren im Labor bestimmt werden müssen. Je nach Nährstoffgehalt des Bodens gilt es, die Grunddüngung (N, P, K) anzupassen. Ziel ist es, eine bestmögliche Versorgung der Pflanzen mit Nährstoffen sicherzustellen, um Auswaschungen und unnötige Ausgaben für Dünger zu vermeiden. Erreicht wird dies in der Gehaltsklasse „optimal“. Ist die Versorgung höher als „optimal“, kann die Düngermenge reduziert werden; ist sie niedriger, gilt es, sie zu erhöhen [DE12].

Schritt 2/3: In diesem Schritt werden die optimalen mineralischen Düngebedarfe schlagspezifisch ermittelt. Der Berater hinterlegt die Daten zur Bodenversorgung im Programm und bearbeitet anschließend jeden Schlag auf Basis der Angaben des Landwirts. Die zugehörigen Berechnungen werden automatisiert durchgeführt. Das dem Programm zugrunde liegende Kalkulationsschema basiert auf Fachliteratur [WD12], [BR13] und empirischen Ermittlungen. Eingang finden hier (vgl. Abb. 2) der Grundbedarf an Nährstoffen der angebauten Kultur, die zuvor hinterlegte Bodenversorgung der jeweili-

gen Fläche, die Rücklieferungen von Nährstoffen über Nebenprodukte der Vorfrucht, die organische Düngung der angebauten Kultur sowie Zu- bzw. Abschläge (Bodenart/Bestandsentwicklung/langjährige organische Düngung). Der so ermittelte mineralische Düngbedarf wird vom Programm für Schritt 4/5 zwischengespeichert.³

	N	P	K
Grundbedarf Zuckerrübe	120 kg/ha	100 kg/ha	380 kg/ha
Einfluss Bodenversorgung	0 kg/ha	-55 kg/ha	0 kg/ha
Einfluss Vorfrucht	0 kg/ha	-20 kg/ha	-125 kg/ha
Einfluss organische Düngung	-55 kg/ha	-45 kg/ha	-115 kg/ha
Eigene Zu(+)/Abschläge(-)			
Mineralischer Düngbedarf	65 kg/ha	-20 kg/ha	140 kg/ha

Abb. 2: Kalkulationsschema zur Ermittlung des mineralischen Düngedarfs im Programm

Schritt 4/5: Die Düngemittelaufteilung sollte präzise und abhängig vom Pflanzenbedarf kalkuliert werden, da sich bereits geringe Abweichungen von der optimalen Stickstoffmenge negativ auf wichtige Pflanzeigenschaften und die Umwelt auswirken können [DE12]. Schritt 4 besteht also in der Auswahl geeigneter Mineraldünger, welche bzgl. ihrer Inhaltstoffe der zuvor berechneten mineralischen Düngemenge am besten entsprechen. Die Software übernimmt deren zeitliche Aufteilung bewusst nicht selbständig, da hier große regionale Unterschiede sowohl beim Klima als auch bei der Bodenart vorliegen können. Auch die Art der verwendeten Dünger wird vom Berater manuell festgelegt, da deren Verfügbarkeit regional stark variiert und so die Praxisrelevanz der Ergebnisse gewährleistet werden kann. OptiDung verfügt über eine zusammenfassende Ansicht, welche (ausgedruckt oder auch als PDF auf dem Handy nutzbar) flexibel alle Ergebnisse verfügbar macht. Zur Veranschaulichung zeigt Abb. 3, wie der im Beispiel ermittelte Düngbedarf in der Gesamtübersicht dargestellt wird.

Betrieb: Maier 2017			Düngevorschlag											
OPTIDUNG	Empfehlungsjahr:	Maier 2017	Kalium		Phosphor		1. Gabe		2. Gabe		3. Gabe			
Fläche Name	Größe	Frucht	Dünger	dz/ha	Dünger	dz/ha	Dünger	dz/ha	Dünger	dz/ha	Dünger	dz/ha		
Beispielacker 1	6,38 ha	Zuckerrübe	Korn-Kali	3,5			Optifert	1,5						
...		

Abb. 3: Ergebnis der Düngplanung mit OptiDung für einen Beispielbetrieb

Auf der Fläche „Beispielacker 1“ sollen vom Landwirt zur Frucht Zuckerrübe 3,5dz/ha eines Kali-Düngers ausgebracht werden, um den zuvor ermittelten Bedarf von 140kg/ha decken zu können. Da kein P benötigt wird, muss hier keine Düngung durchgeführt werden, der Überschuss von 20kg/ha kann im Folgejahr berücksichtigt werden. Bei N ist eine Gabenaufteilung möglich, welche sich an den Wachstumsstadien der jeweiligen Pflanze orientiert. Im Beispiel kann der Bedarf von Zuckerrüben exemplarisch mit der Gabe eines Stickstoffdüngers in Höhe von 1,5dz/ha gedeckt werden.

³ In Abbildung 2 ergibt sich so ein mineralischer Düngbedarf für Zuckerrüben von 65kg/ha N, -20kg/ha P und 140kg/ha K. Daten zu Nährstoffbedarfen bzw. Nährstoffrücklieferungen sind im Programm für jede Frucht hinterlegt und werden automatisiert eingefügt. Der Einfluss der Bodenversorgung ist abhängig von der Abweichung zum Optimalbereich (Beispielsweise führt eine hohe Bodenversorgung zur Reduktion des Grundbedarfs der angebauten Frucht um 50%). Die organische Düngung kann durch betriebsindividuelle Untersuchungen oder durch Mittelwerte berücksichtigt werden.

3 Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen einer Pilotphase wurden OptiDung in den Erntejahren 2013 und 2014 auf 27,46 ha Fläche getestet und die beobachteten Erträge mit offiziellen Versuchsergebnissen verglichen. Da die gemessene Ertragssteigerung nicht im beobachteten Schwankungsbereich der Vorjahre liegt, kann davon ausgegangen werden, dass diese aufgrund des Einsatzes des Düngeplans eingetreten ist. Bei Weizen ergibt sich bei Berücksichtigung der oberen Toleranz ein Mehrertrag von ca. 1,5%; für Gerste ergibt sich ein Mehrertrag von 2,54% [NI14], [Wö14], [Am14]. Im gleichen Zeitraum konnte nach Bereinigung um Preisschwankungen eine mengenbezogene Düngeersparnis von 6,09% erzielt werden. Im Ergebnis zeigt sich, dass der Softwareeinsatz sowohl Ertragssteigerungen als auch Kostensenkungen zur Verbesserung des Betriebsergebnisses generieren kann. Das Programm ist inzwischen auf dem Markt verfügbar (www.optidung.de); es wurde bisher auf ca. 700 Hektar Fläche erfolgreich getestet und eingesetzt. Auf Einzelunternehmensebene kann der Einsatz von OptiDung somit zur Steigerung des Betriebsergebnisses eingesetzt werden. Auf gesamtgesellschaftlicher Ebene ergibt sich hieraus ein möglicher Anstieg der Nahrungsmittelproduktion bei gleichzeitiger Reduktion des Düngemiteleinsetzes. Sowohl die festgestellte Ertragssteigerung als auch die mögliche Reduktion der Düngemenge zeigen, dass das Programm einen Betrag zur gleichzeitigen Erreichung der eingangs dargestellten SDG leisten kann.

Literaturverzeichnis

- [Am14] Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Rosenheim (2014): Integrierter Pflanzenbau. Versuchsergebnisse und Beratungshinweise (2011-2014).
- [BR13] Benker M.; Röhling D. (2013): Ratgeber Pflanzenbau und Pflanzenschutz. Hg. v. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Münster.
- [DE12] Diepenbrock W.; Ellmer F. et al. (2012): Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, 3. Aufl., Stuttgart.
- [GA13] Garnett T.; Appleby M.C. et al. (2013): Sustainable Intensification in Agriculture: Premises and Policies, *Science*, 341, 6141, S. 33-34.
- [NI14] Nickl U.; Huber L. et al. (2014): Versuchsergebnisse aus Bayern 2011-2014. Faktorieller Sortenversuch Sommergerste, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).
- [SB13] Statistisches Bundesamt (2013): Situationsbericht 2013 - Gr34-1.
- [UN16] United Nations (2016): Global Sustainable Development Report 2016, Department of Economic and Social Affairs, New York.
- [WD12] Wendland M.; Diepolder M. et al. (2012): Leifaden für die Düngung von Acker- und Grünland, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).
- [Wö14] Wörle, M. (2014): Ertragsdaten des Betriebs Wörle aus den Jahren 2011-2014.

GI-Edition Lecture Notes in Informatics

- P-1 Gregor Engels, Andreas Oberweis, Albert Zündorf (Hrsg.): Modellierung 2001.
- P-2 Mikhail Godlevsky, Heinrich C. Mayr (Hrsg.): Information Systems Technology and its Applications, ISTA'2001.
- P-3 Ana M. Moreno, Reind P. van de Riet (Hrsg.): Applications of Natural Language to Information Systems, NLDB'2001.
- P-4 H. Wörn, J. Mühling, C. Vahl, H.-P. Meinzer (Hrsg.): Rechner- und sensorgestützte Chirurgie; Workshop des SFB 414.
- P-5 Andy Schürr (Hg.): OMER – Object-Oriented Modeling of Embedded Real-Time Systems.
- P-6 Hans-Jürgen Appelrath, Rolf Beyer, Uwe Marquardt, Heinrich C. Mayr, Claudia Steinberger (Hrsg.): Unternehmen Hochschule, UH'2001.
- P-7 Andy Evans, Robert France, Ana Moreira, Bernhard Rumpe (Hrsg.): Practical UML-Based Rigorous Development Methods – Countering or Integrating the extremists, pUML'2001.
- P-8 Reinhard Keil-Slawik, Johannes Magenheimer (Hrsg.): Informatikunterricht und Medienbildung, INFOS'2001.
- P-9 Jan von Knop, Wilhelm Haverkamp (Hrsg.): Innovative Anwendungen in Kommunikationsnetzen, 15. DFN Arbeitstagung.
- P-10 Mirjam Minor, Steffen Staab (Hrsg.): 1st German Workshop on Experience Management: Sharing Experiences about the Sharing Experience.
- P-11 Michael Weber, Frank Kargl (Hrsg.): Mobile Ad-Hoc Netzwerke, WMAN 2002.
- P-12 Martin Glinz, Günther Müller-Luschnat (Hrsg.): Modellierung 2002.
- P-13 Jan von Knop, Peter Schirmbacher and Viljan Mahni_ (Hrsg.): The Changing Universities – The Role of Technology.
- P-14 Robert Tolksdorf, Rainer Eckstein (Hrsg.): XML-Technologien für das Semantic Web – XSW 2002.
- P-15 Hans-Bernd Bludau, Andreas Koop (Hrsg.): Mobile Computing in Medicine.
- P-16 J. Felix Hampe, Gerhard Schwabe (Hrsg.): Mobile and Collaborative Business 2002.
- P-17 Jan von Knop, Wilhelm Haverkamp (Hrsg.): Zukunft der Netze –Die Verletzbarkeit meistern, 16. DFN Arbeitstagung.
- P-18 Elmar J. Sinz, Markus Plaha (Hrsg.): Modellierung betrieblicher Informationssysteme – MobIS 2002.
- P-19 Sigrid Schubert, Bernd Reusch, Norbert Jesse (Hrsg.): Informatik bewegt – Informatik 2002 – 32. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) 30.Sept.-3. Okt. 2002 in Dortmund.
- P-20 Sigrid Schubert, Bernd Reusch, Norbert Jesse (Hrsg.): Informatik bewegt – Informatik 2002 – 32. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) 30.Sept.-3. Okt. 2002 in Dortmund (Ergänzungsband).
- P-21 Jörg Desel, Mathias Weske (Hrsg.): Promise 2002: Prozessorientierte Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung von Informationssystemen.
- P-22 Sigrid Schubert, Johannes Magenheimer, Peter Hubwieser, Torsten Brinda (Hrsg.): Forschungsbeiträge zur "Didaktik der Informatik" – Theorie, Praxis, Evaluation.
- P-23 Thorsten Spitta, Jens Borchers, Harry M. Sneed (Hrsg.): Software Management 2002 – Fortschritt durch Beständigkeit
- P-24 Rainer Eckstein, Robert Tolksdorf (Hrsg.): XMIDX 2003 – XML-Technologien für Middleware – Middleware für XML-Anwendungen
- P-25 Key Pousttchi, Klaus Turowski (Hrsg.): Mobile Commerce – Anwendungen und Perspektiven – 3. Workshop Mobile Commerce, Universität Augsburg, 04.02.2003
- P-26 Gerhard Weikum, Harald Schöning, Erhard Rahm (Hrsg.): BTW 2003: Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web
- P-27 Michael Kroll, Hans-Gerd Lipinski, Kay Melzer (Hrsg.): Mobiles Computing in der Medizin
- P-28 Ulrich Reimer, Andreas Abecker, Steffen Staab, Gerd Stumme (Hrsg.): WM 2003: Professionelles Wissensmanagement – Erfahrungen und Visionen
- P-29 Antje Düsterhöft, Bernhard Thalheim (Eds.): NLDB'2003: Natural Language Processing and Information Systems
- P-30 Mikhail Godlevsky, Stephen Liddle, Heinrich C. Mayr (Eds.): Information Systems Technology and its Applications
- P-31 Arslan Brömme, Christoph Busch (Eds.): BIOSIG 2003: Biometrics and Electronic Signatures

- P-32 Peter Hubwieser (Hrsg.): Informatische Fachkonzepte im Unterricht – INFOS 2003
- P-33 Andreas Geyer-Schulz, Alfred Taudes (Hrsg.): Informationswirtschaft: Ein Sektor mit Zukunft
- P-34 Klaus Dittrich, Wolfgang König, Andreas Oberweis, Kai Rannenber, Wolfgang Wahlster (Hrsg.): Informatik 2003 – Innovative Informatikanwendungen (Band 1)
- P-35 Klaus Dittrich, Wolfgang König, Andreas Oberweis, Kai Rannenber, Wolfgang Wahlster (Hrsg.): Informatik 2003 – Innovative Informatikanwendungen (Band 2)
- P-36 Rüdiger Grimm, Hubert B. Keller, Kai Rannenber (Hrsg.): Informatik 2003 – Mit Sicherheit Informatik
- P-37 Arndt Bode, Jörg Desel, Sabine Rathmayer, Martin Wessner (Hrsg.): DeLFI 2003: e-Learning Fachtagung Informatik
- P-38 E.J. Sinz, M. Plaha, P. Neckel (Hrsg.): Modellierung betrieblicher Informationssysteme – MobIS 2003
- P-39 Jens Nedon, Sandra Frings, Oliver Göbel (Hrsg.): IT-Incident Management & IT-Forensics – IMF 2003
- P-40 Michael Rebstock (Hrsg.): Modellierung betrieblicher Informationssysteme – MobIS 2004
- P-41 Uwe Brinkschulte, Jürgen Becker, Dietmar Fey, Karl-Erwin Großpietsch, Christian Hochberger, Erik Maehle, Thomas Runkler (Edts.): ARCS 2004 – Organic and Pervasive Computing
- P-42 Key Pousttchi, Klaus Turowski (Hrsg.): Mobile Economy – Transaktionen und Prozesse, Anwendungen und Dienste
- P-43 Birgitta König-Ries, Michael Klein, Philipp Obreiter (Hrsg.): Persistence, Scalability, Transactions – Database Mechanisms for Mobile Applications
- P-44 Jan von Knop, Wilhelm Haverkamp, Eike Jessen (Hrsg.): Security, E-Learning, E-Services
- P-45 Bernhard Rumpe, Wolfgang Hesse (Hrsg.): Modellierung 2004
- P-46 Ulrich Flegel, Michael Meier (Hrsg.): Detection of Intrusions of Malware & Vulnerability Assessment
- P-47 Alexander Prosser, Robert Krimmer (Hrsg.): Electronic Voting in Europe – Technology, Law, Politics and Society
- P-48 Anatoly Doroshenko, Terry Halpin, Stephen W. Liddle, Heinrich C. Mayr (Hrsg.): Information Systems Technology and its Applications
- P-49 G. Schiefer, P. Wagner, M. Morgenstern, U. Rickert (Hrsg.): Integration und Datensicherheit – Anforderungen, Konflikte und Perspektiven
- P-50 Peter Dadam, Manfred Reichert (Hrsg.): INFORMATIK 2004 – Informatik verbindet (Band 1) Beiträge der 34. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), 20.-24. September 2004 in Ulm
- P-51 Peter Dadam, Manfred Reichert (Hrsg.): INFORMATIK 2004 – Informatik verbindet (Band 2) Beiträge der 34. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), 20.-24. September 2004 in Ulm
- P-52 Gregor Engels, Silke Seehusen (Hrsg.): DELFI 2004 – Tagungsband der 2. e-Learning Fachtagung Informatik
- P-53 Robert Giegerich, Jens Stoye (Hrsg.): German Conference on Bioinformatics – GCB 2004
- P-54 Jens Borchers, Ralf Kneuper (Hrsg.): Softwaremanagement 2004 – Outsourcing und Integration
- P-55 Jan von Knop, Wilhelm Haverkamp, Eike Jessen (Hrsg.): E-Science und Grid Ad-hoc-Netze Medienintegration
- P-56 Fernand Feltz, Andreas Oberweis, Benoit Otjacques (Hrsg.): EMISA 2004 – Informationssysteme im E-Business und E-Government
- P-57 Klaus Turowski (Hrsg.): Architekturen, Komponenten, Anwendungen
- P-58 Sami Beydeda, Volker Gruhn, Johannes Mayer, Ralf Reussner, Franz Schweiggert (Hrsg.): Testing of Component-Based Systems and Software Quality
- P-59 J. Felix Hampe, Franz Lehner, Key Pousttchi, Kai Rannenber, Klaus Turowski (Hrsg.): Mobile Business – Processes, Platforms, Payments
- P-60 Steffen Friedrich (Hrsg.): Unterrichtskonzepte für informatische Bildung
- P-61 Paul Müller, Reinhard Gotzhein, Jens B. Schmitt (Hrsg.): Kommunikation in verteilten Systemen
- P-62 Federrath, Hannes (Hrsg.): „Sicherheit 2005“ – Sicherheit – Schutz und Zuverlässigkeit
- P-63 Roland Kaschek, Heinrich C. Mayr, Stephen Liddle (Hrsg.): Information Systems – Technology and its Applications

- P-64 Peter Liggesmeyer, Klaus Pohl, Michael Goedicke (Hrsg.): Software Engineering 2005
- P-65 Gottfried Vossen, Frank Leymann, Peter Lockemann, Wolffried Stucky (Hrsg.): Datenbanksysteme in Business, Technologie und Web
- P-66 Jörg M. Haake, Ulrike Lucke, Djamshid Tavangarian (Hrsg.): DeLFI 2005: 3. deutsche e-Learning Fachtagung Informatik
- P-67 Armin B. Cremers, Rainer Manthey, Peter Martini, Volker Steinhage (Hrsg.): INFORMATIK 2005 – Informatik LIVE (Band 1)
- P-68 Armin B. Cremers, Rainer Manthey, Peter Martini, Volker Steinhage (Hrsg.): INFORMATIK 2005 – Informatik LIVE (Band 2)
- P-69 Robert Hirschfeld, Ryszard Kowalczyk, Andreas Polze, Matthias Weske (Hrsg.): NODe 2005, GSEM 2005
- P-70 Klaus Turowski, Johannes-Maria Zaha (Hrsg.): Component-oriented Enterprise Application (COAE 2005)
- P-71 Andrew Torda, Stefan Kurz, Matthias Rarey (Hrsg.): German Conference on Bioinformatics 2005
- P-72 Klaus P. Jantke, Klaus-Peter Fähnrich, Wolfgang S. Wittig (Hrsg.): Marktplatz Internet: Von e-Learning bis e-Payment
- P-73 Jan von Knop, Wilhelm Haverkamp, Eike Jessen (Hrsg.): "Heute schon das Morgen sehen"
- P-74 Christopher Wolf, Stefan Lucks, Po-Wah Yau (Hrsg.): WEWoRC 2005 – Western European Workshop on Research in Cryptology
- P-75 Jörg Desel, Ulrich Frank (Hrsg.): Enterprise Modelling and Information Systems Architecture
- P-76 Thomas Kirste, Birgitta König-Riess, Key Pousttchi, Klaus Turowski (Hrsg.): Mobile Informationssysteme – Potentiale, Hindernisse, Einsatz
- P-77 Jana Dittmann (Hrsg.): SICHERHEIT 2006
- P-78 K.-O. Wenkel, P. Wagner, M. Morgens-tern, K. Luzi, P. Eisermann (Hrsg.): Land- und Ernährungswirtschaft im Wandel
- P-79 Bettina Biel, Matthias Book, Volker Gruhn (Hrsg.): Softwareengineering 2006
- P-80 Mareike Schoop, Christian Huemer, Michael Rebstock, Martin Bichler (Hrsg.): Service-Oriented Electronic Commerce
- P-81 Wolfgang Karl, Jürgen Becker, Karl-Erwin Großpietsch, Christian Hochberger, Erik Maehle (Hrsg.): ARCS'06
- P-82 Heinrich C. Mayr, Ruth Breu (Hrsg.): Modellierung 2006
- P-83 Daniel Huson, Oliver Kohlbacher, Andrei Lupas, Kay Nieselt and Andreas Zell (eds.): German Conference on Bioinformatics
- P-84 Dimitris Karagiannis, Heinrich C. Mayr, (Hrsg.): Information Systems Technology and its Applications
- P-85 Witold Abramowicz, Heinrich C. Mayr, (Hrsg.): Business Information Systems
- P-86 Robert Krimmer (Ed.): Electronic Voting 2006
- P-87 Max Mühlhäuser, Guido Rößling, Ralf Steinmetz (Hrsg.): DELFI 2006: 4. e-Learning Fachtagung Informatik
- P-88 Robert Hirschfeld, Andreas Polze, Ryszard Kowalczyk (Hrsg.): NODe 2006, GSEM 2006
- P-90 Joachim Schelp, Robert Winter, Ulrich Frank, Bodo Rieger, Klaus Turowski (Hrsg.): Integration, Informationslogistik und Architektur
- P-91 Henrik Stormer, Andreas Meier, Michael Schumacher (Eds.): European Conference on eHealth 2006
- P-92 Fernand Feltz, Benoît Otjacques, Andreas Oberweis, Nicolas Poussing (Eds.): AIM 2006
- P-93 Christian Hochberger, Rüdiger Liskowsky (Eds.): INFORMATIK 2006 – Informatik für Menschen, Band 1
- P-94 Christian Hochberger, Rüdiger Liskowsky (Eds.): INFORMATIK 2006 – Informatik für Menschen, Band 2
- P-95 Matthias Weske, Markus Nüttgens (Eds.): EMISA 2005: Methoden, Konzepte und Technologien für die Entwicklung von dienstbasierten Informationssystemen
- P-96 Saartje Brockmans, Jürgen Jung, York Sure (Eds.): Meta-Modelling and Ontologies
- P-97 Oliver Göbel, Dirk Schadt, Sandra Frings, Hardo Hase, Detlef Günther, Jens Nedon (Eds.): IT-Incident Mangament & IT-Forensics – IMF 2006

- P-98 Hans Brandt-Pook, Werner Simonsmeier und Thorsten Spitta (Hrsg.): Beratung in der Softwareentwicklung – Modelle, Methoden, Best Practices
- P-99 Andreas Schwill, Carsten Schulte, Marco Thomas (Hrsg.): Didaktik der Informatik
- P-100 Peter Forbrig, Günter Siegel, Markus Schneider (Hrsg.): HDI 2006: Hochschuldidaktik der Informatik
- P-101 Stefan Böttinger, Ludwig Theuvsen, Susanne Rank, Marlies Morgenstern (Hrsg.): Agrarinformatik im Spannungsfeld zwischen Regionalisierung und globalen Wertschöpfungsketten
- P-102 Otto Spaniol (Eds.): Mobile Services and Personalized Environments
- P-103 Alfons Kemper, Harald Schöning, Thomas Rose, Matthias Jarke, Thomas Seidl, Christoph Quix, Christoph Brochhaus (Hrsg.): Datenbanksysteme in Business, Technologie und Web (BTW 2007)
- P-104 Birgitta König-Ries, Franz Lehner, Rainer Malaka, Can Türker (Hrsg.) MMS 2007: Mobilität und mobile Informationssysteme
- P-105 Wolf-Gideon Bleek, Jörg Raasch, Heinz Züllighoven (Hrsg.) Software Engineering 2007
- P-106 Wolf-Gideon Bleek, Henning Schwentner, Heinz Züllighoven (Hrsg.) Software Engineering 2007 – Beiträge zu den Workshops
- P-107 Heinrich C. Mayr, Dimitris Karagiannis (eds.) Information Systems Technology and its Applications
- P-108 Arslan Brömme, Christoph Busch, Detlef Hühnlein (eds.) BIOSIG 2007: Biometrics and Electronic Signatures
- P-109 Rainer Koschke, Otthein Herzog, Karl-Heinz Rödiger, Marc Ronthaler (Hrsg.) INFORMATIK 2007 Informatik trifft Logistik Band 1
- P-110 Rainer Koschke, Otthein Herzog, Karl-Heinz Rödiger, Marc Ronthaler (Hrsg.) INFORMATIK 2007 Informatik trifft Logistik Band 2
- P-111 Christian Eibl, Johannes Magenheimer, Sigrid Schubert, Martin Wessner (Hrsg.) DeLFI 2007: 5. e-Learning Fachtagung Informatik
- P-112 Sigrid Schubert (Hrsg.) Didaktik der Informatik in Theorie und Praxis
- P-113 Sören Auer, Christian Bizer, Claudia Müller, Anna V. Zhdanova (Eds.) The Social Semantic Web 2007 Proceedings of the 1st Conference on Social Semantic Web (CSSW)
- P-114 Sandra Frings, Oliver Göbel, Detlef Günther, Hardo G. Hase, Jens Nedon, Dirk Schadt, Arslan Brömme (Eds.) IMF2007 IT-incident management & IT-forensics Proceedings of the 3rd International Conference on IT-Incident Management & IT-Forensics
- P-115 Claudia Falter, Alexander Schliep, Joachim Selbig, Martin Vingron and Dirk Walther (Eds.) German conference on bioinformatics GCB 2007
- P-116 Witold Abramowicz, Leszek Maciszek (Eds.) Business Process and Services Computing 1st International Working Conference on Business Process and Services Computing BPSC 2007
- P-117 Ryszard Kowalczyk (Ed.) Grid service engineering and management The 4th International Conference on Grid Service Engineering and Management GSEM 2007
- P-118 Andreas Hein, Wilfried Thoben, Hans-Jürgen Appelrath, Peter Jensch (Eds.) European Conference on ehealth 2007
- P-119 Manfred Reichert, Stefan Strecker, Klaus Turowski (Eds.) Enterprise Modelling and Information Systems Architectures Concepts and Applications
- P-120 Adam Pawlak, Kurt Sandkuhl, Wojciech Cholewa, Leandro Soares Indrusiak (Eds.) Coordination of Collaborative Engineering - State of the Art and Future Challenges
- P-121 Korbinian Herrmann, Bernd Bruegge (Hrsg.) Software Engineering 2008 Fachtagung des GI-Fachbereichs Softwaretechnik
- P-122 Walid Maalej, Bernd Bruegge (Hrsg.) Software Engineering 2008 - Workshopband Fachtagung des GI-Fachbereichs Softwaretechnik

- P-123 Michael H. Breitner, Martin Breunig, Elgar Fleisch, Ley Pousttchi, Klaus Turowski (Hrsg.)
Mobile und Ubiquitäre Informationssysteme – Technologien, Prozesse, Marktfähigkeit
Proceedings zur 3. Konferenz Mobile und Ubiquitäre Informationssysteme (MMS 2008)
- P-124 Wolfgang E. Nagel, Rolf Hoffmann, Andreas Koch (Eds.)
9th Workshop on Parallel Systems and Algorithms (PASA)
Workshop of the GI/ITG Special Interest Groups PARS and PARVA
- P-125 Rolf A.E. Müller, Hans-H. Sundermeier, Ludwig Theuvsen, Stephanie Schütze, Marlies Morgenstern (Hrsg.)
Unternehmens-IT:
Führungsinstrument oder Verwaltungsbürde
Referate der 28. GIL Jahrestagung
- P-126 Rainer Gimnich, Uwe Kaiser, Jochen Quante, Andreas Winter (Hrsg.)
10th Workshop Software Reengineering (WSR 2008)
- P-127 Thomas Kühne, Wolfgang Reisig, Friedrich Steimann (Hrsg.)
Modellierung 2008
- P-128 Ammar Alkassar, Jörg Siekmann (Hrsg.)
Sicherheit 2008
Sicherheit, Schutz und Zuverlässigkeit
Beiträge der 4. Jahrestagung des Fachbereichs Sicherheit der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)
2.-4. April 2008
Saarbrücken, Germany
- P-129 Wolfgang Hesse, Andreas Oberweis (Eds.)
Sigsand-Europe 2008
Proceedings of the Third AIS SIGSAND European Symposium on Analysis, Design, Use and Societal Impact of Information Systems
- P-130 Paul Müller, Bernhard Neumair, Gabi Dreo Rodosek (Hrsg.)
1. DFN-Forum Kommunikationstechnologien Beiträge der Fachtagung
- P-131 Robert Krimmer, Rüdiger Grimm (Eds.)
3rd International Conference on Electronic Voting 2008
Co-organized by Council of Europe, Gesellschaft für Informatik and E-Voting.
CC
- P-132 Silke Seehusen, Ulrike Lucke, Stefan Fischer (Hrsg.)
DeLFI 2008:
Die 6. e-Learning Fachtagung Informatik
- P-133 Heinz-Gerd Hegering, Axel Lehmann, Hans Jürgen Ohlbach, Christian Scheideler (Hrsg.)
INFORMATIK 2008
Beherrschbare Systeme – dank Informatik Band 1
- P-134 Heinz-Gerd Hegering, Axel Lehmann, Hans Jürgen Ohlbach, Christian Scheideler (Hrsg.)
INFORMATIK 2008
Beherrschbare Systeme – dank Informatik Band 2
- P-135 Torsten Brinda, Michael Fothe, Peter Hubwieser, Kirsten Schlüter (Hrsg.)
Didaktik der Informatik –
Aktuelle Forschungsergebnisse
- P-136 Andreas Beyer, Michael Schroeder (Eds.)
German Conference on Bioinformatics GCB 2008
- P-137 Arslan Brömme, Christoph Busch, Detlef Hühnlein (Eds.)
BIOSIG 2008: Biometrics and Electronic Signatures
- P-138 Barbara Dinter, Robert Winter, Peter Chamoni, Norbert Gronau, Klaus Turowski (Hrsg.)
Synergien durch Integration und Informationslogistik
Proceedings zur DW2008
- P-139 Georg Herzwurm, Martin Mikusz (Hrsg.)
Industrialisierung des Software-Managements
Fachtagung des GI-Fachausschusses Management der Anwendungsentwicklung und -wartung im Fachbereich Wirtschaftsinformatik
- P-140 Oliver Göbel, Sandra Frings, Detlef Günther, Jens Nedon, Dirk Schadt (Eds.)
IMF 2008 - IT Incident Management & IT Forensics
- P-141 Peter Loos, Markus Nüttgens, Klaus Turowski, Dirk Werth (Hrsg.)
Modellierung betrieblicher Informationssysteme (MobIS 2008)
Modellierung zwischen SOA und Compliance Management
- P-142 R. Bill, P. Korduan, L. Theuvsen, M. Morgenstern (Hrsg.)
Anforderungen an die Agrarinformatik durch Globalisierung und Klimaveränderung
- P-143 Peter Liggesmeyer, Gregor Engels, Jürgen Münch, Jörg Dörr, Norman Riegel (Hrsg.)
Software Engineering 2009
Fachtagung des GI-Fachbereichs Softwaretechnik

- P-144 Johann-Christoph Freytag, Thomas Ruf, Wolfgang Lehner, Gottfried Vossen (Hrsg.)
Datenbanksysteme in Business, Technologie und Web (BTW)
- P-145 Knut Hinkelmann, Holger Wache (Eds.)
WM2009: 5th Conference on Professional Knowledge Management
- P-146 Markus Bick, Martin Breunig, Hagen Höpfner (Hrsg.)
Mobile und Ubiquitäre Informationssysteme – Entwicklung, Implementierung und Anwendung
4. Konferenz Mobile und Ubiquitäre Informationssysteme (MMS 2009)
- P-147 Witold Abramowicz, Leszek Maciaszek, Ryszard Kowalczyk, Andreas Speck (Eds.)
Business Process, Services Computing and Intelligent Service Management
BPSC 2009 · ISM 2009 · YRW-MBP 2009
- P-148 Christian Erfurth, Gerald Eichler, Volkmar Schau (Eds.)
9th International Conference on Innovative Internet Community Systems
I²CS 2009
- P-149 Paul Müller, Bernhard Neumair, Gabi Dreo Rodosek (Hrsg.)
2. DFN-Forum
Kommunikationstechnologien
Beiträge der Fachtagung
- P-150 Jürgen Münch, Peter Liggesmeyer (Hrsg.)
Software Engineering
2009 - Workshopband
- P-151 Armin Heinzl, Peter Dadam, Stefan Kirn, Peter Lockemann (Eds.)
PRIMIUM
Process Innovation for Enterprise Software
- P-152 Jan Mendling, Stefanie Rinderle-Ma, Werner Esswein (Eds.)
Enterprise Modelling and Information Systems Architectures
Proceedings of the 3rd Int'l Workshop EMISA 2009
- P-153 Andreas Schwill, Nicolas Apostolopoulos (Hrsg.)
Lernen im Digitalen Zeitalter
DeLFI 2009 – Die 7. E-Learning Fachtagung Informatik
- P-154 Stefan Fischer, Erik Maehle Rüdiger Reischuk (Hrsg.)
INFORMATIK 2009
Im Focus das Leben
- P-155 Arslan Brömme, Christoph Busch, Detlef Hühnlein (Eds.)
BIOSIG 2009:
Biometrics and Electronic Signatures
Proceedings of the Special Interest Group on Biometrics and Electronic Signatures
- P-156 Bernhard Koeber (Hrsg.)
Zukunft braucht Herkunft
25 Jahre »INFOS – Informatik und Schule«
- P-157 Ivo Grosse, Steffen Neumann, Stefan Posch, Falk Schreiber, Peter Stadler (Eds.)
German Conference on Bioinformatics 2009
- P-158 W. Claupein, L. Theuvsen, A. Kämpf, M. Morgenstern (Hrsg.)
Precision Agriculture
Reloaded – Informationsgestützte Landwirtschaft
- P-159 Gregor Engels, Markus Luckey, Wilhelm Schäfer (Hrsg.)
Software Engineering 2010
- P-160 Gregor Engels, Markus Luckey, Alexander Pretschner, Ralf Reussner (Hrsg.)
Software Engineering 2010 –
Workshopband
(inkl. Doktorandensymposium)
- P-161 Gregor Engels, Dimitris Karagiannis Heinrich C. Mayr (Hrsg.)
Modellierung 2010
- P-162 Maria A. Wimmer, Uwe Brinkhoff, Siegfried Kaiser, Dagmar Lück-Schneider, Erich Schweighofer, Andreas Wiebe (Hrsg.)
Vernetzte IT für einen effektiven Staat
Gemeinsame Fachtagung
Verwaltungsinformatik (FTVI) und
Fachtagung Rechtsinformatik (FTRI) 2010
- P-163 Markus Bick, Stefan Eulgem, Elgar Fleisch, J. Felix Hampe, Birgitta König-Ries, Franz Lehner, Key Pousttchi, Kai Rannenberg (Hrsg.)
Mobile und Ubiquitäre Informationssysteme
Technologien, Anwendungen und
Dienste zur Unterstützung von mobiler
Kollaboration
- P-164 Arslan Brömme, Christoph Busch (Eds.)
BIOSIG 2010: Biometrics and Electronic Signatures
Proceedings of the Special Interest Group on Biometrics and Electronic Signatures

- P-165 Gerald Eichler, Peter Kropf, Ulrike Lechner, Phayung Meesad, Herwig Unger (Eds.)
10th International Conference on Innovative Internet Community Systems (I²CS) – Jubilee Edition 2010 –
- P-166 Paul Müller, Bernhard Neumair, Gabi Dreo Rodosek (Hrsg.)
3. DFN-Forum Kommunikationstechnologien Beiträge der Fachtagung
- P-167 Robert Krimmer, Rüdiger Grimm (Eds.)
4th International Conference on Electronic Voting 2010
co-organized by the Council of Europe, Gesellschaft für Informatik and E-Voting.CC
- P-168 Ira Diethelm, Christina Dörge, Claudia Hildebrandt, Carsten Schulte (Hrsg.)
Didaktik der Informatik
Möglichkeiten empirischer Forschungsmethoden und Perspektiven der Fachdidaktik
- P-169 Michael Kerres, Nadine Ojstersek, Ulrik Schroeder, Ulrich Hoppe (Hrsg.)
DeLFI 2010 - 8. Tagung der Fachgruppe E-Learning der Gesellschaft für Informatik e.V.
- P-170 Felix C. Freiling (Hrsg.)
Sicherheit 2010
Sicherheit, Schutz und Zuverlässigkeit
- P-171 Werner Esswein, Klaus Turowski, Martin Juhrisch (Hrsg.)
Modellierung betrieblicher Informationssysteme (MobiS 2010)
Modellgestütztes Management
- P-172 Stefan Klink, Agnes Koschmider, Marco Mevius, Andreas Oberweis (Hrsg.)
EMISA 2010
Einflussfaktoren auf die Entwicklung flexibler, integrierter Informationssysteme
Beiträge des Workshops der GI-Fachgruppe EMISA (Entwicklungsmethoden für Informationssysteme und deren Anwendung)
- P-173 Dietmar Schomburg, Andreas Grote (Eds.)
German Conference on Bioinformatics 2010
- P-174 Arslan Brömme, Torsten Eymann, Detlef Hühnlein, Heiko Roßnagel, Paul Schmücker (Hrsg.)
perspeGktive 2010
Workshop „Innovative und sichere Informationstechnologie für das Gesundheitswesen von morgen“
- P-175 Klaus-Peter Fähnrich, Bogdan Franczyk (Hrsg.)
INFORMATIK 2010
Service Science – Neue Perspektiven für die Informatik
Band 1
- P-176 Klaus-Peter Fähnrich, Bogdan Franczyk (Hrsg.)
INFORMATIK 2010
Service Science – Neue Perspektiven für die Informatik
Band 2
- P-177 Witold Abramowicz, Rainer Alt, Klaus-Peter Fähnrich, Bogdan Franczyk, Leszek A. Maciaszek (Eds.)
INFORMATIK 2010
Business Process and Service Science – Proceedings of ISSS and BPSC
- P-178 Wolfram Pietsch, Benedikt Krams (Hrsg.)
Vom Projekt zum Produkt
Fachtagung des GI-Fachausschusses Management der Anwendungsentwicklung und -wartung im Fachbereich Wirtschaftsinformatik (WI-MAW), Aachen, 2010
- P-179 Stefan Gruner, Bernhard Rumpe (Eds.)
FM+AM'2010
Second International Workshop on Formal Methods and Agile Methods
- P-180 Theo Härder, Wolfgang Lehner, Bernhard Mitschang, Harald Schöning, Holger Schwarz (Hrsg.)
Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web (BTW) 14. Fachtagung des GI-Fachbereichs „Datenbanken und Informationssysteme“ (DBIS)
- P-181 Michael Clasen, Otto Schätzel, Brigitte Theuvsen (Hrsg.)
Qualität und Effizienz durch informationsgestützte Landwirtschaft, Fokus: Moderne Weinwirtschaft
- P-182 Ronald Maier (Hrsg.)
6th Conference on Professional Knowledge Management
From Knowledge to Action
- P-183 Ralf Reussner, Matthias Grund, Andreas Oberweis, Walter Tichy (Hrsg.)
Software Engineering 2011
Fachtagung des GI-Fachbereichs Softwaretechnik
- P-184 Ralf Reussner, Alexander Pretschner, Stefan Jähnichen (Hrsg.)
Software Engineering 2011
Workshopband
(inkl. Doktorandensymposium)

- P-185 Hagen Höpfner, Günther Specht, Thomas Ritz, Christian Bunse (Hrsg.)
MMS 2011: Mobile und ubiquitäre Informationssysteme Proceedings zur 6. Konferenz Mobile und Ubiquitäre Informationssysteme (MMS 2011)
- P-186 Gerald Eichler, Axel Küpper, Volkmar Schau, Hacène Fouchal, Herwig Unger (Eds.)
11th International Conference on Innovative Internet Community Systems (I²CS)
- P-187 Paul Müller, Bernhard Neumair, Gabi Dreo Rodosek (Hrsg.)
4. DFN-Forum Kommunikationstechnologien, Beiträge der Fachtagung 20. Juni bis 21. Juni 2011 Bonn
- P-188 Holger Rohland, Andrea Kienle, Steffen Friedrich (Hrsg.)
DeLFI 2011 – Die 9. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V. 5.–8. September 2011, Dresden
- P-189 Thomas, Marco (Hrsg.)
Informatik in Bildung und Beruf INFOS 2011
14. GI-Fachtagung Informatik und Schule
- P-190 Markus Nüttgens, Oliver Thomas, Barbara Weber (Eds.)
Enterprise Modelling and Information Systems Architectures (EMISA 2011)
- P-191 Arslan Brömme, Christoph Busch (Eds.)
BIOSIG 2011
International Conference of the Biometrics Special Interest Group
- P-192 Hans-Ulrich Heiß, Peter Pepper, Holger Schlingloff, Jörg Schneider (Hrsg.)
INFORMATIK 2011
Informatik schafft Communities
- P-193 Wolfgang Lehner, Gunther Piller (Hrsg.)
IMDM 2011
- P-194 M. Clasen, G. Fröhlich, H. Bernhardt, K. Hildebrand, B. Theuvsen (Hrsg.)
Informationstechnologie für eine nachhaltige Landwirtschaft Fokus Forstwirtschaft
- P-195 Neeraj Suri, Michael Waidner (Hrsg.)
Sicherheit 2012
Sicherheit, Schutz und Zuverlässigkeit Beiträge der 6. Jahrestagung des Fachbereichs Sicherheit der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)
- P-196 Arslan Brömme, Christoph Busch (Eds.)
BIOSIG 2012
Proceedings of the 11th International Conference of the Biometrics Special Interest Group
- P-197 Jörn von Lucke, Christian P. Geiger, Siegfried Kaiser, Erich Schweighofer, Maria A. Wimmer (Hrsg.)
Auf dem Weg zu einer offenen, smarten und vernetzten Verwaltungskultur Gemeinsame Fachtagung Verwaltungsinformatik (FTVI) und Fachtagung Rechtsinformatik (FTRI) 2012
- P-198 Stefan Jähnichen, Axel Küpper, Sahin Albayrak (Hrsg.)
Software Engineering 2012
Fachtagung des GI-Fachbereichs Softwaretechnik
- P-199 Stefan Jähnichen, Bernhard Rumpe, Holger Schlingloff (Hrsg.)
Software Engineering 2012
Workshopband
- P-200 Gero Mühl, Jan Richling, Andreas Herkersdorf (Hrsg.)
ARCS 2012 Workshops
- P-201 Elmar J. Sinz Andy Schürr (Hrsg.)
Modellierung 2012
- P-202 Andrea Back, Markus Bick, Martin Breunig, Key Pousttchi, Frédéric Thiesse (Hrsg.)
MMS 2012: Mobile und Ubiquitäre Informationssysteme
- P-203 Paul Müller, Bernhard Neumair, Helmut Reiser, Gabi Dreo Rodosek (Hrsg.)
5. DFN-Forum Kommunikationstechnologien
Beiträge der Fachtagung
- P-204 Gerald Eichler, Leendert W. M. Wienhofen, Anders Kofod-Petersen, Herwig Unger (Eds.)
12th International Conference on Innovative Internet Community Systems (I²CS 2012)
- P-205 Manuel J. Kripp, Melanie Volkamer, Rüdiger Grimm (Eds.)
5th International Conference on Electronic Voting 2012 (EVOTE2012)
Co-organized by the Council of Europe, Gesellschaft für Informatik and E-Voting.CC
- P-206 Stefanie Rinderle-Ma, Mathias Weske (Hrsg.)
EMISA 2012
Der Mensch im Zentrum der Modellierung
- P-207 Jörg Desel, Jörg M. Haake, Christian Spannagel (Hrsg.)
DeLFI 2012: Die 10. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V.
24.–26. September 2012

- P-208 Ursula Goltz, Marcus Magnor, Hans-Jürgen Appelrath, Herbert Matthies, Wolf-Tilo Balke, Lars Wolf (Hrsg.)
INFORMATIK 2012
- P-209 Hans Brandt-Pook, André Fleer, Thorsten Spitta, Malte Wattenberg (Hrsg.)
Nachhaltiges Software Management
- P-210 Erhard Plödereder, Peter Dencker, Herbert Klenk, Hubert B. Keller, Silke Spitzer (Hrsg.)
Automotive – Safety & Security 2012
Sicherheit und Zuverlässigkeit für automobile Informationstechnik
- P-211 M. Clasen, K. C. Kersebaum, A. Meyer-Aurich, B. Theuvsen (Hrsg.)
Massendatenmanagement in der Agrar- und Ernährungswirtschaft
Erhebung - Verarbeitung - Nutzung
Referate der 33. GIL-Jahrestagung 20. – 21. Februar 2013, Potsdam
- P-212 Arslan Brömme, Christoph Busch (Eds.)
BIOSIG 2013
Proceedings of the 12th International Conference of the Biometrics Special Interest Group
04.–06. September 2013
Darmstadt, Germany
- P-213 Stefan Kowalewski, Bernhard Rumpel (Hrsg.)
Software Engineering 2013
Fachtagung des GI-Fachbereichs Softwaretechnik
- P-214 Volker Markl, Gunter Saake, Kai-Uwe Sattler, Gregor Hackenbroich, Bernhard Mitschang, Theo Härder, Veit Köppen (Hrsg.)
Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web (BTW) 2013
13. – 15. März 2013, Magdeburg
- P-215 Stefan Wagner, Horst Lichter (Hrsg.)
Software Engineering 2013
Workshopband
(inkl. Doktorandensymposium)
26. Februar – 1. März 2013, Aachen
- P-216 Gunter Saake, Andreas Henrich, Wolfgang Lehner, Thomas Neumann, Veit Köppen (Hrsg.)
Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web (BTW) 2013 – Workshopband
11. – 12. März 2013, Magdeburg
- P-217 Paul Müller, Bernhard Neumair, Helmut Reiser, Gabi Dreö Rodosek (Hrsg.)
6. DFN-Forum Kommunikationstechnologien
Beiträge der Fachtagung
03.–04. Juni 2013, Erlangen
- P-218 Andreas Breiter, Christoph Rensing (Hrsg.)
DeLFI 2013: Die 11 e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)
8. – 11. September 2013, Bremen
- P-219 Norbert Breier, Peer Stechert, Thomas Wilke (Hrsg.)
Informatik erweitert Horizonte
INFOS 2013
15. GI-Fachtagung Informatik und Schule
26. – 28. September 2013
- P-220 Matthias Horbach (Hrsg.)
INFORMATIK 2013
Informatik angepasst an Mensch, Organisation und Umwelt
16. – 20. September 2013, Koblenz
- P-221 Maria A. Wimmer, Marijn Janssen, Ann Macintosh, Hans Jochen Scholl, Efthimios Tambouris (Eds.)
Electronic Government and Electronic Participation
Joint Proceedings of Ongoing Research of IFIP EGOV and IFIP ePart 2013
16. – 19. September 2013, Koblenz
- P-222 Reinhard Jung, Manfred Reichert (Eds.)
Enterprise Modelling and Information Systems Architectures (EMISA 2013)
St. Gallen, Switzerland
September 5. – 6. 2013
- P-223 Detlef Hühnlein, Heiko Roßnagel (Hrsg.)
Open Identity Summit 2013
10. – 11. September 2013
Kloster Banz, Germany
- P-224 Eckhart Hanser, Martin Mikusz, Masud Fazal-Baqaie (Hrsg.)
Vorgehensmodelle 2013
Vorgehensmodelle – Anspruch und Wirklichkeit
20. Tagung der Fachgruppe Vorgehensmodelle im Fachgebiet Wirtschaftsinformatik (WI-VM) der Gesellschaft für Informatik e.V.
Lörrach, 2013
- P-225 Hans-Georg Fill, Dimitris Karagiannis, Ulrich Reimer (Hrsg.)
Modellierung 2014
19. – 21. März 2014, Wien
- P-226 M. Clasen, M. Hamer, S. Lehnert, B. Petersen, B. Theuvsen (Hrsg.)
IT-Standards in der Agrar- und Ernährungswirtschaft Fokus: Risiko- und Krisenmanagement
Referate der 34. GIL-Jahrestagung
24. – 25. Februar 2014, Bonn

- P-227 Wilhelm Hasselbring,
Nils Christian Ehmke (Hrsg.)
Software Engineering 2014
Fachtagung des GI-Fachbereichs
Softwaretechnik
25. – 28. Februar 2014
Kiel, Deutschland
- P-228 Stefan Katzenbeisser, Volkmar Lotz,
Edgar Weippl (Hrsg.)
Sicherheit 2014
Sicherheit, Schutz und Zuverlässigkeit
Beiträge der 7. Jahrestagung des
Fachbereichs Sicherheit der
Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)
19. – 21. März 2014, Wien
- P-229 Dagmar Lück-Schneider, Thomas
Gordon, Siegfried Kaiser, Jörn von
Lucke, Erich Schweighofer, Maria
A. Wimmer, Martin G. Löhe (Hrsg.)
Gemeinsam Electronic Government
ziel(gruppen)gerecht gestalten und
organisieren
Gemeinsame Fachtagung
Verwaltungsinformatik (FTVI) und
Fachtagung Rechtsinformatik (FTRI)
2014, 20.-21. März 2014 in Berlin
- P-230 Arslan Brömme, Christoph Busch (Eds.)
BIOSIG 2014
Proceedings of the 13th International
Conference of the Biometrics Special
Interest Group
10. – 12. September 2014 in
Darmstadt, Germany
- P-231 Paul Müller, Bernhard Neumair,
Helmut Reiser, Gabi Dreo Rodosek
(Hrsg.)
7. DFN-Forum
Kommunikationstechnologien
16. – 17. Juni 2014
Fulda
- P-232 E. Plödereder, L. Grunske, E. Schneider,
D. Ull (Hrsg.)
INFORMATIK 2014
Big Data – Komplexität meistern
22. – 26. September 2014
Stuttgart
- P-233 Stephan Trahasch, Rolf Plötzner, Gerhard
Schneider, Claudia Gayer, Daniel Sassiati,
Nicole Wöhrle (Hrsg.)
DeLFI 2014 – Die 12. e-Learning
Fachtagung Informatik
der Gesellschaft für Informatik e.V.
15. – 17. September 2014
Freiburg
- P-234 Fernand Feltz, Bela Mutschler, Benoît
Ottjacques (Eds.)
Enterprise Modelling and Information
Systems Architectures
(EMISA 2014)
Luxembourg, September 25-26, 2014
- P-235 Robert Giegerich,
Ralf Hofestädt,
Tim W. Nattkemper (Eds.)
German Conference on
Bioinformatics 2014
September 28 – October 1
Bielefeld, Germany
- P-236 Martin Engstler, Eckhart Hanser,
Martin Mikusz, Georg Herzwurm (Hrsg.)
Projektmanagement und
Vorgehensmodelle 2014
Soziale Aspekte und Standardisierung
Gemeinsame Tagung der Fachgruppen
Projektmanagement (WI-PM) und
Vorgehensmodelle (WI-VM) im
Fachgebiet Wirtschaftsinformatik der
Gesellschaft für Informatik e.V., Stuttgart
2014
- P-237 Detlef Hühnlein, Heiko Roßnagel (Hrsg.)
Open Identity Summit 2014
4.–6. November 2014
Stuttgart, Germany
- P-238 Arno Ruckelshausen, Hans-Peter
Schwarz, Brigitte Theuvsen (Hrsg.)
Informatik in der Land-, Forst- und
Ernährungswirtschaft
Referate der 35. GIL-Jahrestagung
23. – 24. Februar 2015, Geisenheim
- P-239 Uwe Aßmann, Birgit Demuth, Thorsten
Spitta, Georg Püschel, Ronny Kaiser
(Hrsg.)
Software Engineering & Management
2015
17.-20. März 2015, Dresden
- P-240 Herbert Klenk, Hubert B. Keller, Erhard
Plödereder, Peter Dencker (Hrsg.)
Automotive – Safety & Security 2015
Sicherheit und Zuverlässigkeit für
automobile Informationstechnik
21.–22. April 2015, Stuttgart
- P-241 Thomas Seidl, Norbert Ritter,
Harald Schöning, Kai-Uwe Sattler,
Theo Härder, Steffen Friedrich,
Wolfram Wingerath (Hrsg.)
Datenbanksysteme für Business,
Technologie und Web (BTW 2015)
04. – 06. März 2015, Hamburg

- P-242 Norbert Ritter, Andreas Henrich, Wolfgang Lehner, Andreas Thor, Steffen Friedrich, Wolfram Wingerath (Hrsg.)
Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web (BTW 2015) – Workshopband
02. – 03. März 2015, Hamburg
- P-243 Paul Müller, Bernhard Neumair, Helmut Reiser, Gabi Dreo Rodosek (Hrsg.)
8. DFN-Forum
Kommunikationstechnologien
06.–09. Juni 2015, Lübeck
- P-244 Alfred Zimmermann, Alexander Rossmann (Eds.)
Digital Enterprise Computing (DEC 2015)
Böblingen, Germany June 25-26, 2015
- P-245 Arslan Brömme, Christoph Busch, Christian Rathgeb, Andreas Uhl (Eds.)
BIOSIG 2015
Proceedings of the 14th International Conference of the Biometrics Special Interest Group
09.–11. September 2015
Darmstadt, Germany
- P-246 Douglas W. Cunningham, Petra Hofstedt, Klaus Meer, Ingo Schmitt (Hrsg.)
INFORMATIK 2015
28.9.-2.10. 2015, Cottbus
- P-247 Hans Pongratz, Reinhard Keil (Hrsg.)
DeLFI 2015 – Die 13. E-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)
1.–4. September 2015
München
- P-248 Jens Kolb, Henrik Leopold, Jan Mendling (Eds.)
Enterprise Modelling and Information Systems Architectures
Proceedings of the 6th Int. Workshop on Enterprise Modelling and Information Systems Architectures, Innsbruck, Austria
September 3-4, 2015
- P-249 Jens Gallenbacher (Hrsg.)
Informatik
allgemeinbildend begreifen
INFOS 2015 16. GI-Fachtagung
Informatik und Schule
20.–23. September 2015
- P-250 Martin Engstler, Masud Fazal-Baqaie, Eckhart Hanser, Martin Mikusz, Alexander Volland (Hrsg.)
Projektmanagement und Vorgehensmodelle 2015
Hybride Projektstrukturen erfolgreich umsetzen
Gemeinsame Tagung der Fachgruppen Projektmanagement (WI-PM) und Vorgehensmodelle (WI-VM) im Fachgebiet Wirtschaftsinformatik der Gesellschaft für Informatik e.V., Elmshorn 2015
- P-251 Detlef Hühnlein, Heiko Roßnagel, Raik Kuhlisch, Jan Ziesing (Eds.)
Open Identity Summit 2015
10.–11. November 2015
Berlin, Germany
- P-252 Jens Knoop, Uwe Zdun (Hrsg.)
Software Engineering 2016
Fachtagung des GI-Fachbereichs Softwaretechnik
23.–26. Februar 2016, Wien
- P-253 A. Ruckelshausen, A. Meyer-Aurich, T. Rath, G. Recke, B. Theuvsen (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
- P-254 Andreas Oberweis, Ralf Reussner (Hrsg.)
Modellierung 2016
2.–4. März 2016, Karlsruhe
- P-255 Stefanie Betz, Ulrich Reimer (Hrsg.)
Modellierung 2016 Workshopband
2.–4. März 2016, Karlsruhe
- P-256 Michael Meier, Delphine Reinhardt, Steffen Wendzel (Hrsg.)
Sicherheit 2016
Sicherheit, Schutz und Zuverlässigkeit
Beiträge der 8. Jahrestagung des Fachbereichs Sicherheit der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)
5.–7. April 2016, Bonn
- P-257 Paul Müller, Bernhard Neumair, Helmut Reiser, Gabi Dreo Rodosek (Hrsg.)
9. DFN-Forum
Kommunikationstechnologien
31. Mai – 01. Juni 2016, Rostock

- P-258 Dieter Hertweck, Christian Decker (Eds.)
Digital Enterprise Computing (DEC 2016)
14.–15. Juni 2016, Böblingen
- P-259 Heinrich C. Mayr, Martin Pinzger (Hrsg.)
INFORMATIK 2016
26.–30. September 2016, Klagenfurt
- P-260 Arslan Brömme, Christoph Busch,
Christian Rathgeb, Andreas Uhl (Eds.)
BIOSIG 2016
Proceedings of the 15th International
Conference of the Biometrics Special
Interest Group
21.–23. September 2016, Darmstadt
- P-261 Detlef Rätz, Michael Breidung, Dagmar
Lück-Schneider, Siegfried Kaiser, Erich
Schweighofer (Hrsg.)
Digitale Transformation: Methoden,
Kompetenzen und Technologien für die
Verwaltung
Gemeinsame Fachtagung
Verwaltungsinformatik (FTVI) und
Fachtagung Rechtsinformatik (FTRI) 2016
22.–23. September 2016, Dresden
- P-262 Ulrike Lucke, Andreas Schwill,
Raphael Zender (Hrsg.)
DeLFI 2016 – Die 14. E-Learning
Fachtagung Informatik
der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)
11.–14. September 2016, Potsdam
- P-263 Martin Engstler, Masud Fazal-Baqaie,
Eckhart Hanser, Oliver Linssen, Martin
Mikusz, Alexander Volland (Hrsg.)
Projektmanagement und
Vorgehensmodelle 2016
Arbeiten in hybriden Projekten: Das
Sowohl-als-auch von Stabilität und
Dynamik
Gemeinsame Tagung der Fachgruppen
Projektmanagement (WI-PM) und
Vorgehensmodelle (WI-VM) im
Fachgebiet Wirtschaftsinformatik
der Gesellschaft für Informatik e.V.,
Paderborn 2016
- P-264 Detlef Hühnlein, Heiko Roßnagel,
Christian H. Schunck, Maurizio Talamo
(Eds.)
Open Identity Summit 2016
der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)
13.–14. October 2016, Rome, Italy
- P-265 Bernhard Mitschang, Daniela
Nicklas, Frank Leymann, Harald
Schöning, Melanie Herschel, Jens
Teubner, Theo Härder, Oliver Kopp,
Matthias Wieland (Hrsg.)
Datenbanksysteme für Business,
Technologie und Web (BTW 2017)
6.–10. März 2017, Stuttgart
- P-266 Bernhard Mitschang, Norbert Ritter,
Holger Schwarz, Meike Klettke, Andreas
Thor, Oliver Kopp, Matthias Wieland
(Hrsg.)
Datenbanksysteme für Business,
Technologie und Web (BTW 2017)
Workshopband
6.–7. März 2017, Stuttgart
- P-267 Jan Jürjens, Kurt Schneider (Hrsg.)
Software Engineering 2017
21.–24. Februar 2017
Hannover
- P-268 A. Ruckelshausen, A. Meyer-Aurich,
W. Lentz, B. Theuvsen (Hrsg.)
Informatik in der Land-, Forst- und
Ernährungswirtschaft
Fokus: Digitale Transformation –
Wege in eine zukunftsfähige
Landwirtschaft
Referate der 37. GIL-Jahrestagung
06.–07. März 2017, Dresden

The titles can be purchased at:

Köllen Druck + Verlag GmbH

Ernst-Robert-Curtius-Str. 14 · D-53117 Bonn

Fax: +49 (0)228/9898222

E-Mail: druckverlag@koellen.de