



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 978-3-88579-647-3

This volume contains papers of the 36th GIL conference on modern information technology in the agriculture, forestry and food sectors with a focus on intelligent systems, thereby taking into account the state of the art as well as future options. The 52 papers cover a wide range of subjects from topics such as data management and interpretation, data protection, imaging, robotics, precision (livestock) farming, modelling, business planning tools and decision support or E-Learning. The conference was held at the University of Applied Sciences Osnabrück, Germany, from February 22 - 23, 2016.

GI-Edition

Lecture Notes in Informatics

**A. Ruckelshausen, A. Meyer-Aurich,
T. Rath, G. Recke, B. Theuvsen (Hrsg.)**

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

**Fokus: Intelligente Systeme –
Stand der Technik und neue
Möglichkeiten**

**Referate der 36. GIL-Jahrestagung
22.-23. Februar 2016, Osnabrück**

Proceedings



Arno Ruckelshausen, Andreas Meyer-Aurich, Thomas Rath,
Guido Recke, Brigitte 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
in Osnabrück, Germany**

Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)

Lecture Notes in Informatics (LNI) - Proceedings

Series of the Gesellschaft für Informatik (GI)

Volume P-253

ISBN 978-3-88579-647-3, ISSN 1617-5468

Volume Editors

Prof. Dr. Arno Ruckelshausen

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

Prof. Dr. Thomas Rath

Hochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur
49090 Osnabrück, Germany; Email: t.rath@hs-osnabrueck.de

Prof. Dr. Guido Recke

Hochschule Osnabrück, Landwirtschaftliche Betriebswirtschaftslehre
49090 Osnabrück, Germany; Email: g.recke@hs-osnabrueck.de

Dr. Andreas Meyer-Aurich

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.
14469 Potsdam, Germany; Email: ameyer@atb-potsdam.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, Hochschule für Technik, Stuttgart, Germany

Ulrich Frank, Universität Duisburg-Essen, Germany

Johann-Christoph Freytag, Humboldt-Universität zu Berlin, 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

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

Sigrid Schubert, Universität Siegen, Germany

Ingo Timm, Universität Trier, Germany

Karin Vosseberg, Hochschule Bremerhaven, Germany

Maria Wimmer, Universität Koblenz-Landau, Germany

Dissertations

Steffen Hölldobler, Technische Universität Dresden, Germany

Seminars

Reinhard Wilhelm, Universität des Saarlandes, Germany

Thematics

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

© Gesellschaft für Informatik, Bonn 2016

printed by Köllen Druck+Verlag GmbH, Bonn

Vorwort

Intelligente Systeme – Stand der Technik und neue Möglichkeiten

Die komplexen Zusammenhänge im Umgang mit Pflanzen, Tieren und Lebensmitteln erfordern umfangreiches Wissen für eine nachhaltige Produktion. Die Integration innovativer, den Menschen unterstützender Technologien der Informatik nimmt hierbei eine zentrale Rolle ein und hat diese zu Kernkompetenzen in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft werden lassen. Automatisierungstechnologien zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und die Vergrößerung der Roh-Datenbestände standen dabei meist im Vordergrund. Zielrichtung sollte aber die Nutzung relevanter Daten sein, d.h. die Datenreduktion zur Interpretation und Umsetzung des Wissens in Handlungsanweisungen. An dieser Stelle setzt das Fokusthema der GIL-Tagung 2016 „Intelligente Systeme“ an und zielt auf die Nutzung innovativer Technologien in einem system- und prozessorientierten Ansatz.

Chancen und Risiken bei der Nutzung von Daten stellen ein zentrales Thema dar, dies spiegelt sich auch in den Sessions wider, Stichworte sind Datenmanagement, Datenschutz, Big and Smart Data oder das Internet der Dinge. Imaging und Sensorsysteme spielen eine zunehmend wichtigere Rolle im Bereich der Agrarinformatik; Themenbeispiele sind die Sensor- und Datenfusion, Anwendungen im Precision Farming oder die Pflanzenphänotypisierung. Darüber hinaus wird das interdisziplinäre fachliche und fachübergreifende Spektrum der GIL abgebildet, die Themen reichen von autonomen Systemen über betriebswirtschaftliche Planungswerkzeuge und Entscheidungshilfen bis zum E-Learning. Der vorliegende Tagungsband enthält die entsprechenden Beiträge.

Die Jahrestagung findet an der Hochschule Osnabrück statt. Die Region Osnabrück mit vielen global auftretenden Unternehmen im Umfeld der Landtechnik wird häufig als „Agrotech-Valley“ bezeichnet. Dies bezieht sich neben den Landmaschinenherstellern zunehmend auf Unternehmen im Bereich der Agrelektronik und -informatik, aber auch auf Wissenschaftseinrichtungen und beratende Einrichtungen. Die Forschung und Entwicklung zukunftsweisender Agrarsystemtechnologien stellt einen profilbildenden Forschungsschwerpunkt der Hochschule Osnabrück dar, insbesondere das „Competence Center of Applied Agricultural Engineering (COALA)“ verbindet interdisziplinär und fakultätsübergreifend wissenschaftliche Expertise verschiedener Fachgebiete und bringt sie in anwendungsorientierte Forschungs- und Transferprojekte mit Unternehmen und anderen Partnern ein. Beispiele für Themenfelder sind Landmaschinenbau, ökologischer Landbau, Biosystemtechnik, verteilte Systeme, bildgebende Sensortechnologien oder Agrarrobotik

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 (Vorsitzender GIL, Hochschule Osnabrück)
Thomas Rath, Guido Recke (Hochschule Osnabrück)
Andreas Meyer-Aurich (ATB Potsdam-Bornim)

Programmkomitee

Karsten Borchard	Universität Kiel
Prof. Dr. Michael Clasen	Hochschule Hannover
Dr. Georg Fröhlich	LfL Freising
Dr. Robin Gebbers	ATB Potsdam-Bornim
Prof. Dr. Hans W. Griepentrog	Universität Hohenheim
Prof. Dr. Joachim Hertzberg	Universität Osnabrück/DFKI
Dr. Dirk Hinrichs	Universität Kiel
Dr. Dieter von Hörsten	JKI, Braunschweig
Jan Horstmann	Krone, Spelle
Prof. Dr.-Ing. Jens Krzywinski	TU Dresden
Prof. Dr. Heike Mempel	HS Weihenstephan-Triesdorf
Dr. Susanne Otter-Nacke	Claas, Harsewinkel
Dr. Matthias Rothmund	Horsch, Schwandorf
Prof. Dr. Hans-Hennig Sundermeier	Universität Kiel
Prof. Dr. Ludwig Theuvsen	Universität Göttingen
Prof. Dr. Stefan Töpfl	DIL, Quakenbrück
Prof. Dr. Martin Ziesak	Berner Fachhochschule

Organisationsteam

Dr. Andreas Meyer-Aurich	ATB Potsdam-Bornim
Prof. Dr. Thomas Rath	Hochschule Osnabrück
Prof. Dr. Guido Recke	GIL-Beirat / Hochschule Osnabrück
Prof. Dr. Arno Ruckelshausen	GIL-Vorsitzender
Brigitte Theuvsen	GIL-Geschäftsführerin

Sponsoren

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

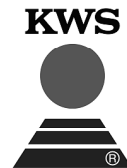
CLAAS KGaA mbH
33428 Harsewinkel

The logo for CLAAS, featuring the word "CLAAS" in a bold, italicized, sans-serif font.

HORSCH Maschinen GmbH
92421 Schwandorf

The logo for HORSCH, featuring the word "HORSCH" in a bold, italicized, sans-serif font, with the tagline "Landwirtschaft aus Leidenschaft" in a smaller, italicized font below it.

KWS SAAT SE
37574 Einbeck



m2Xpert GmbH & Co. KG
33602 Bielefeld



WIGOS
Wirtschaftsförderungsgesellschaft
Osnabrücker Land mbH
49082 Osnabrück



Felix Adrion, Matthias Reger, Florian Eckert, Anita Kapun, Max Staiger, Eva-Maria Holland, Nora Hammer, Thomas Jungbluth, Eva Gallmann <i>Sektorlokalisierung von Mastschweinen mit UHF-RFID</i>	17
Sebastian Auburger, Enno Bahrs <i>GIS basierte Modellierung von Transportdistanzen für Wirtschaftsdünger im Kontext der zu novellierenden Düngeverordnung</i>	21
Benjamin Bruns, Tobias Blechmann <i>Entwicklung eines serviceorientierten Informationssystems für Phänotypisierungsmessungen im Freiland</i>	25
Henning Burmeister, Soenke Garlichs, Mandes Verhaagh, Hans-H. Sundermeier <i>Schlagspezifische operative Fruchtfolgeplanung mit Linearer Programmierung</i>	29
Michael Clasen <i>Farming 4.0 und andere Anwendungen des Internet der Dinge</i>	33
Heinrich Denzer, Gottfried Pessl <i>10 Jahre Internet der Dinge für die Landwirtschaft - 10 Jahre iMetos</i>	37
Mareike Dornhöfer, Alexander Holland, Madjid Fathi <i>Ein Umweltwissenssystem zur semantischen Vernetzung forstwirtschaftlicher Datenquellen</i>	41
Klaus Gennen <i>Ausgewählte Datenschutzfragen bei Precision Agriculture</i>	45
Simon Goisser, Gabriele Jorjas, Thomas Lohrer, Christian Sieweke, Thomas Hannus, Georg Ohmayer <i>Nutzenanalyse des online basierten Pflanzenschutzinformationssystems PsIGa</i>	49
Anja Gräff, Barbara Misthilger, Renate Luise Dörfler, Heinz Bernhardt <i>Auswirkungen eines Systemausfalls in automatisierten Melkssystemen auf das Tierwohl</i>	53
Valentin Gresch, Martin Heinold, Martin Kremmer, Christian Waibel <i>Qualitätsüberwachung und Automatisierung in der Einzelkornsaat</i>	57
Anna Gubanova <i>Critical mass measurement models for startups from agricultural business</i>	61

Valentin Heizinger, Michael Mederle, Stefan Huber, Heinz Bernhardt <i>Abschätzung des Kraftstoff-Einsparpotentials in der Infield-Logistik bei der Ernte von Biomasse</i>	65
Stephan Höhl <i>Entwicklung eines datenbankbasierten Tools zur vorausschauenden Finanz- und Erfolgsplanung von Milchviehbetrieben</i>	69
Manfred Höld, Anja Gräff, Heinz Bernhardt, Jörn Stumpfenhausen <i>Modellierung der Energieversorgung eines voll automatisierten Milchviehstalles</i>	73
Mario Jenz, Kim Möller, Domik Nieberg, Arno Ruckelshausen <i>Automatisierte Höhennachführung eines Multisensorsystems zur Feldphänotypisierung</i>	77
Christoph Kämpfer, Verena Overbeck, Jonas Huhs, Tanja Pelzer, Jens Karl Wegener <i>Einsparung von Pflanzenschutzmitteln durch präzise sensorgesteuerte Applikation im Obstbau</i>	81
Marco Kerwitz, Michael Clasen <i>Evaluation von Entwicklungsumgebungen für Multi-Agenten-Simulationen</i>	85
Kay Knöll, Detlef Stolp, Ralf Barth, Günther Klein, Lothar Kreienbrock, Anna-Maria Wendt, Thomas May, Franziska Nienhaus, Thomas Kornhoff, Diana Meemken <i>PPP-InfoS: Ein Dateninformationssystem zur Verbesserung des Tierwohls und der Tiergesundheit in der Schweinehaltung</i>	89
Dietrich Kortenbruck, Hans W. Griepentrog <i>Automatisierte, teilzeitenspezifische Analyse von Maschinendaten am Beispiel der Bodenbearbeitung</i>	93
Timo Korthals, Andreas Skiba, Thilo Krause, Thorsten Jungeblut <i>Evidenzkarten-basierte Sensorfusion zur Umfelderkennung und Interpretation in der Ernte</i>	97
Franz Kraatz, Frank Nordemann, Ralf Tönjes <i>Datensicherheit: Die nächste große Herausforderung in der modernen Landtechnik?</i>	101

Frederik Langsenkamp, Arno Ruckelshausen, Maik Kohlbrecher, Mario Jenz, Dieter Trautz <i>Konzept zur Beikrautregulierung im ökologischen Möhrenanbau auf Grundlage bildanalytischer Farberkennung</i>	105
Birte Lindstädt <i>Forschungsdaten in den Agrarwissenschaften – Management und Publikation.....</i>	109
Jens-Peter Loy, Patrick Holzer <i>Messung des Vermarktungserfolges.....</i>	113
Michael Marz, Peter Wagner, Linara Arslanova <i>Mobile Röntgenfluoreszenzanalytik als Baustein für Sensorfusion-Ansätze für die Bestimmung von Makronährstoffen im Boden? - ein Werkstattbericht</i>	117
Christian Meltebrink, Andreas Linz, Arno Ruckelshausen <i>ROS-basiertes Validierungskonzept für Sicherheitskonzepte von autonomen Agrarrobotern</i>	121
Andreas Meyer-Aurich <i>Monte-Carlo-Simulation in Ökobilanzen – Chancen und Grenzen</i>	125
Till-Fabian Minßen, Cord-Christian Gaus, Lisa-Marie Urso <i>Systemische Anforderungen an ein autonomes GroßtechnikszENARIO als zukünftiges Pflanzenbausystem</i>	129
Jens Möller, Johannes Sonnen <i>Datenmanagement in Landwirtschaft und Landtechnik.....</i>	133
Kim Möller, Mario Jenz, Markus Kroesen, Dominik Losert, Hans-Peter Maurer, Dominik Nieberg, Tobias Würschum, Arno Ruckelshausen <i>Feldtaugliche Multisensorplattform für High-Throughput Getreidephänotypisierung – Aufbau und Datenhandling</i>	137
Markus Möller, Henning Gerstmann <i>Landwirtschaftliches Beratungsinstrument für das Erosionsmonitoring auf der Basis von räumlich und zeitlich hoch aufgelösten Geodaten</i>	141
Maria Näther, Ludwig Theuvsen <i>Ist das generelle Impfverbot gegen Tierseuchen noch zeitgemäß? Eine ökonomische Analyse mit Hilfe des Tierseuchen-Entscheidungs-Unterstützungs-Systems am Beispiel der Klassischen Schweinepest</i>	149

Mario Nast, Valentin Heizinger, Heinz Bernhardt <i>Ein E-Learning-Konzept zum Wissenserwerb und -austausch für Praktiker und Studenten</i>	145
Dirk Nordwig <i>Hände und Augen frei für die Arbeit - Bonituren und Felddatenerfassung im flexiblen Sprachdialog</i>	153
Sebastian A. Pauli, Wolfgang Angermair, Heinz Bernhardt <i>Systematische Prozessmodellierung pflanzenbaulicher Tätigkeiten zur Unterstützung im Betriebsmanagement</i>	157
Margit Paustian, Ludwig Theuvsen <i>Einfluss von betrieblichen und soziodemografischen Faktoren auf die Nutzung von IT-basierten Planungshilfen durch landwirtschaftliche Unternehmer</i>	161
Inse Rosenbusch, Adrian Gausling, Fabian Mandrella, Nikolas Neddermann, Arno Ruckelshausen, Thomas Rath <i>Untersuchung des Quadrocoptereinsatzes zur Modellierung des Erntegewichtes von Kopfsalat</i>	165
Jörg Rühlmann <i>Einfluss von Bodenart und Flächenheterogenität auf Boden pH, Pflanzenertrag und finanziellen Gewinn – Ergebnisse von Modellrechnungen für die teilflächen-differenzierte Kalkdüngung</i>	169
Jörg Rühlmann <i>Generierung hochaufgelöster Bodenartenkarten auf Basis von Geophilus- und Bodenschätzungskarten</i>	173
Martin Scheiber, Christoph Federle, Johannes Feldhaus, Burkhard Golla, Bernd Hartmann, Benno Kleinhenz, Daniel Martini und Manfred Röhrig <i>Pflanzenschutz-Anwendungs-Manager (PAM): Automatisierte Berücksichtigung von Abstandsauflagen. Praktische Vorführung und Feldtestergebnisse</i>	177
Katharina Schlosser, Ludwig Theuvsen <i>Arbeitszeitbedarfsermittlung am Beispiel der Ferkelerzeugung – IT-basierte Erfassungsmethoden und ihre Verwendungsmöglichkeiten</i>	181
Christian Scholz, Bojan Ferhadbegovic, Stefan Hinck, Thorsten Litfin, Arno Ruckelshausen <i>Modellbasierte Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Bestimmung von Bodenparametern durch die Verwendung des autonomen Feldroboters BoniRob</i>	185

Rudolf Schraml, Johann Charwat-Pessler, Karl Entacher, Alexander Petutschnigg, Andreas Uhl <i>Roundwood Tracking using Log End Biometrics</i>	189
Galibjon Sharipov, Dimitris Paraforos, Hans Werner Griepentrog <i>Modeling and optimization of a no-till direct seeding machine</i>	193
Michael Siebers, Franz Uhrmann, Oliver Scholz, Christoph Stocker, Ute Schmid <i>Automatische Detektion von Trockenstress bei Tabakpflanzen mittels Machine-Learning-Verfahren</i>	197
Dennis Sprute, Anna Greif, Jürgen Gross, Christoph Hoffmann, Margit Rid, Matthias König <i>Schädlingsmonitoring des Traubenwicklers durch Auswertung einer Motten-Eiablage-Karte mittels Smartphone-Anwendung</i>	201
Sebastian Stock, Kai Lingemann, Stefan Stiene, Joachim Hertzberg <i>Towards a flexible hybrid planner for machine coordination in arable farming</i>	205
Hanna Strüve, Guido Recke <i>Erfassung tierwohlspezifischer Parameter in der Putenhaltung zur Optimierung des betrieblichen Controllings</i>	209
Manuel Vázquez-Arellano, David Reiser, Miguel Garrido Izard, Hans W.Griepentrog <i>Reconstruction of geo-referenced maize plants using a consumer time-of-flight camera in different agricultural environments</i>	213
Cornelia Weltzien, Robin Gebbers <i>Aktueller Stand der Technik im Bereich der Sensoren für Precision Agriculture</i>	217
Wilfried Wöber, Richard Otrebski, Bernhard Peschak <i>ASK: Entwicklung eines modularen Systems zur Automatisierung landwirtschaftlicher Maschinen</i>	221

Sektorlokalisierung von Mastschweinen mit UHF-RFID

Felix Adrion¹, Matthias Reger¹, Florian Eckert¹, Anita Kapun¹, Max Staiger¹, Eva-Maria Holland¹, Nora Hammer¹, Thomas Jungbluth¹ und Eva Gallmann¹

Abstract: Systeme zur Erfassung der Position von Schweinen und Rindern im Stall werden vermehrt in der Landwirtschaft eingesetzt. In diesem Beitrag wird der Test eines UHF-RFID-Systems zur Sektorlokalisierung von Mastschweinen, bestehend aus Transponderohrmarken, Lesegeräten und einer Software zur Datenerfassung und -analyse, vorgestellt. Hierfür wurde eine Bucht mit zehn UHF-Antennen ausgestattet, so dass die Tiere in der gesamten Bucht erfasst werden konnten. Die Erfassungsgenauigkeit der Tiere in den einzelnen Sektoren wurde durch einen Abgleich von RFID- und Videodaten ermittelt. In der besten Variante konnten eine Sensitivität von 88,5 % und eine Spezifität von 76,8 % erreicht werden. Zur Erzielung einer hohen Erfassungsgenauigkeit ist jedoch eine weitere Optimierung des Systems nötig.

Keywords: Lokalisation, UHF-RFID, elektronische Tiererkennung, Transponder, Mastschweine

1 Einleitung

Systeme zur Erfassung der Position von Schweinen und Rindern im Stall werden vermehrt in der Landwirtschaft eingesetzt. Der Nutzen dieser Systeme basiert momentan vor allem auf einem schnellen Auffinden von Tieren. Ein großes Potential liegt jedoch in der Nutzung der Aktivitätsdaten der Tiere zur Feststellung von Brunst- und Krankheitsereignissen [Hu07]. Die am Markt erhältlichen Systeme nutzen überwiegend aktive Transponder zur Positionsermittlung. Eine Alternative stellen Systeme mit passiven Transpondern dar. Ultrahochfrequente Radio-Frequenz-Identifikationssysteme (UHF-RFID, Arbeitsfrequenz 868 MHz) weisen neben einer hohen Lesereichweite von bis zu 10 m auch die Fähigkeit zur Pulkerfassung auf und bieten deshalb Potential für viele Anwendungen in der Tierhaltung [Ad15], [Ha15]. Das bei passiven RFID-Systemen vorwiegend verwendete Ortungsprinzip ist das Proximity- oder auch Cell-of-Origin-Prinzip. Hierbei wird die Position des Transponders der Position der Antenne zugeordnet, mit der dieser erfasst wird [Li07].

2 Problemstellung und Zielsetzung

Im Rahmen eines Innovationsprojektes an der Universität Hohenheim wurden zusammen mit Industriepartnern UHF-Transponderohrmarken und Lesegeräte für die Nutzung

¹ Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, 70593 Stuttgart, felix.adrion@uni-hohenheim.de

in der Rinder- und Schweinehaltung entwickelt [Fo15]. Neben der Simultanerfassung von Tiergruppen und dem Monitoring von Tieren an wichtigen Punkten ihrer Haltungsumwelt (sog. Hotspotmonitoring) wird auch die Eignung von UHF-RFID zur Ortung von Schweinen untersucht. In diesem Beitrag wird der Test des UHF-Systems zur Sektorlokalisierung von Mastschweinen vorgestellt.

3 Tiere, Material und Methoden

Die Versuche wurden an der Versuchsstation für Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim durchgeführt. Der Versuchsstall für Mastschweine war mit Vollspaltenboden, einer Sensor-Kurztrogfütterung, Strohautomaten und Nippeltränken ausgestattet (Abb. 1). Über einer Bucht für 25 Tiere wurden zehn UHF-Antennen (Antu-Patch-63, Öffnungswinkel von $65^\circ/65^\circ$, MTI Wireless Edge Ltd.) angebracht. Die Antennen waren höhenverstellbar, mit Strahlrichtung zum Boden an einem Holzgerüst angebracht und an drei 4-fach Multiplex-Reader (Funktionsmuster, deister electronic GmbH, Agrident GmbH) angeschlossen. Jede der Antennen war einem Sektor von $1,60 \times 1,60$ m zugeordnet, so dass die Tiere in der gesamten Bucht ($3,30 \times 7,85$ m) erfasst werden konnten. Die Transponder konnten von jeder Antenne sekundlich gelesen werden. Die Bucht wurde mit zwei Videokameras (FD8154v, Vivotek Inc.) überwacht.



Abb. 1: Weitwinkelaufnahme der Versuchsbucht mit RFID-Antennen (1-10) und Videokameras (Kreise)

Insgesamt wurden von vier Fokustieren (ca. 30 kg Lebendgewicht), die mit UHF-Transponderohrmarken (Funktionsmuster, Caisley International GmbH) ausgestattet waren, an sechs Versuchstagen á acht Stunden die Videoaufzeichnungen und RFID-Lesungen ausgewertet. Damit wurde die Sendeleistung der Antennen in vier Stufen (27, 29, 30, 30,9 dBm) bei einer Antennenhöhe von 2 m und in zwei Stufen (27, 30,9 dBm) bei einer Höhe von 1,7 m untersucht. Die Lesungen der einzelnen Transponder wurden mit einer hierfür entwickelten Software (Phenobyte GmbH & Co. KG) erfasst, in einer Datenbank abgelegt und anhand einer minimalen Dauer (1 s) und einer maximalen Pausenzeit (30 s) zwischen zwei Lesungen zu Aufenthaltsereignissen der Tiere aggregiert. Anschließend wurden von der Software die Sensitivität und Spezifität der Erfassung von Aufhalten (Videoereignisse) bzw. Nicht-Aufhalten (Nicht-Videoereignisse) der Tiere in den einzelnen Sektoren durch einen Abgleich von RFID- und Videodaten ermit-

telt. Hierbei wurden Start- und Endzeit der Videoereignisse um eine Toleranzzeit von 5 s verlängert. Ein Videoereignis galt als erkannt, wenn ein RFID-Ereignis mit diesem zeitlich überlappte (richtig-positiv). Entsprechend galt ein Nicht-Ereignis als (korrekt) nicht erkannt, wenn es nicht mit einem RFID-Ereignis überlappte, das nicht schon einem Videoereignis zugeordnet war (richtig-negativ).

4 Ergebnisse und Diskussion

Die Betrachtung der Versuchsvarianten zeigte eine mit steigender Sendeleistung der Antennen zunehmende Anzahl an registrierten Transponderlesungen bei gleichzeitig wachsendem Anteil an Fehllesungen außerhalb eines Videoereignisses bis zu ca. 50 % in den beiden Varianten mit 30,9 dBm (Abb. 2). Dementsprechend ergab sich eine sinkende Spezifität des Systems bei steigender Sendeleistung (Abb. 3). Parallel stieg die Sensitivität an. Es konnten in der Variante mit 30,9 dBm und 1,7 m Höhe eine Sensitivität von 88,5 % und eine Spezifität von 76,8 % erreicht werden.

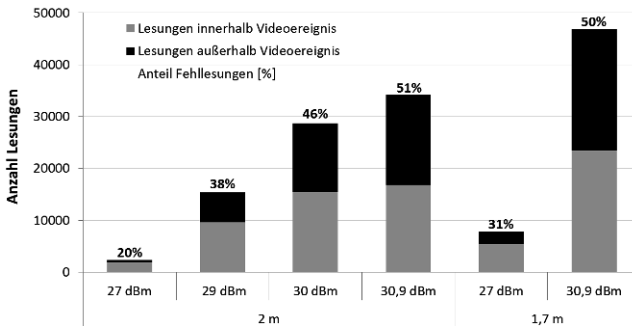


Abb. 2: Anzahl der Lesungen in den Versuchsvarianten, die inner- oder außerhalb der Referenzzeit eines Videoereignisses lagen (Summe von 4 Tieren in 10 Sektoren)

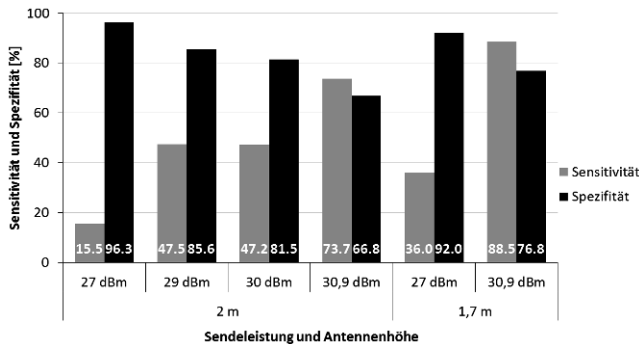


Abb. 3: Sensitivität und Spezifität der Erfassung von Videoereignissen des UHF-RFID-Systems in den Versuchsvarianten (Betrachtung von 4 Tieren in 10 Sektoren)

Der hohe Anteil an Fehllesungen ist durch eine Überlappung der Lesebereiche der Antennen bei hohen Sendeleistungen zu erklären. Mögliche Ansatzpunkte zur Verbesserung sind in dieser Hinsicht die Wahl von Antennen mit geringeren Öffnungswinkeln sowie eine Anbringung der Transponderohrmarken an der Außenseite der Ohren zur besseren Lesbarkeit. Die Bewertung des Systems nur anhand der ereignisbezogenen Erfassungsgenauigkeit ist kritisch zu hinterfragen. Es sollte zusätzlich die sekundenbezogene Genauigkeit der Erfassung sowie die Genauigkeit der Messung der Aufenthaltsdauer in den Sektoren ermittelt werden.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Es konnte gezeigt werden, dass die Erfassung von Aufenthaltsereignissen von Mastschweinen mit UHF-RFID in akzeptabler Genauigkeit möglich ist. Dennoch ist eine weitere Optimierung des Systems und dessen Bewertung nötig. Erste Auswertungen zeigen ein Potential des Systems zur Ermittlung der zurückgelegten Wegstrecke der Tiere. Fraglich ist jedoch der Mehrwert dieses aufwändigen Versuchsaufbaus gegenüber der Erfassung der Tieraktivität durch die Überwachung von Hotspots mit UHF-RFID.

Literaturverzeichnis

- [Ad15] Adrion, F.; Hammer, N.; Rößler, B.; Jezierny, D.; Kapun, A.; Gallmann, E.: Aufbau, Funktion und Test eines statischen Prüfstandes für UHF-RFID Ohrmarken. *Landtechnik* 3/15, S. 46–66, 2015.
- [Fo15] Forschungsinformationssystem Agrar / Ernährung: Verbundprojekt: Elektronische Tierkennzeichnungssysteme auf Basis ultrahochfrequenter Radio-Frequenz-Identifikation - Teilprojekt 1. http://www.fisaonline.de/index.php?lang=dt&act=projects&view=details&p_id=6131, Stand 10.11.2015
- [Ha15] Hammer, N.; Adrion, F.; Jezierny, D.; Gallmann, E.; Jungbluth, T.: Methodology of a dynamic test bench to test ultra-high-frequency transponder ear tags in motion. *Computers and Electronics in Agriculture* 113, S. 81–92, 2015.
- [Hu07] Huhtala, A.; Suhonen, K.; Mäkelä, P.; Hakojärvi, M.; Ahokas, J.: Evaluation of Instrumentation for Cow Positioning and Tracking Indoors. *Biosystems Engineering* 3/07, S. 399–405, 2007.
- [Li07] Liu, H.; Darabi, H.; Banerjee, P.; Liu, J.: Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)* 6/07, S. 1067–1080, 2007.

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, FKZ 28154T0910.

GIS basierte Modellierung von Transportdistanzen für Wirtschaftsdünger im Kontext der zu novellierenden Düngeverordnung

Sebastian Auburger¹ und Enno Bahrs²

Abstract: Discussion about the amendment of German fertilizer ordinance (DüV) contains consideration of digestate of plant origin from biogas production into spreading limits for N and P nutrients. Consequentially transport distances and costs will increase. A distribution algorithm for nitrogen was developed for the highly influenced study area, which consists of the German provinces Lower Saxony and North Rhine-Westphalia. The algorithm is based on neighborly relations (linear and street distances) and distributes N nutrients until every municipality is below 170 kg N per ha utilized agricultural land. Calculated transport distances resulted in additional transport costs between 15 and 20 Mio. Euro annually for the study area.

Keywords: GIS, Wirtschaftsdünger, Transportdistanzen, Düngeverordnung

1 Einleitung

Damit ein noch besserer Zustand aller Gewässer in der EU bzw. in Deutschland bis 2015, in Ausnahmefällen bis 2027, erreicht wird [EP00], muss die bestehende Düngeverordnung (DüV) im Kontext der EU-Nitratrichtlinie novelliert werden. Der Entwurf sieht derzeit u.a. vor, dass Stickstoff (N) aus organisch und organisch-mineralischen Düngemitteln im Durchschnitt 170 kg N /haLF und Betrieb nicht überschreiten darf [BM14]. Dies schließt im Gegensatz zur derzeit geltenden Fassung auch Gärreste pflanzlicher Herkunft aus Biogasanlagen mit ein. Bereits im Rahmen der gegenwärtig maßgeblichen DüV kommt es insbesondere in Teilen Niedersachsens sowie Nordrhein-Westfalens zu durchschnittlichen Überschreitungen der 170 kg N Grenze auf Gemeinde- oder Landkreisebene mit daraus resultierenden hohen Verbringungsdistanzen und -kosten von organischem N. Für diese Überschussregionen ist mit einer novellierten DüV mit einer sich weiter verschärfenden Flächenknappheit bzw. ansteigenden Transportdistanzen zu rechnen. Im Folgenden sollen die zusätzlichen Verbringungskosten durch die novellierte DüV für Gülle und Gärreste kalkuliert werden. Die Analysen beschränken sich auf die Untersuchungsregion Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen.

¹ Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre/Universität Hohenheim, FG Ldw. Betriebslehre (410b), Schloss Osthof-Süd,70593 Stuttgart, sebastian.auburger@uni-hohenheim.de

² Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre/Universität Hohenheim, FG Ldw. Betriebslehre (410b), Schloss Osthof-Süd,70593 Stuttgart, bahrs@uni-hohenheim.de

2 Datengrundlage und Methodik

Die räumliche Bezugseinheit der Transportkostenmodellierung stellt die Gemeinde dar, die als aggregierter Regionshof betrachtet wird. Für sie werden, basierend auf Tierzahlen und Flächenangaben der Landwirtschaftszählung 2010, N Frachten aus der Tierproduktion berechnet. Weiterhin liegen die Standortdaten und Leistungsangaben von 2.610 Biogasanlagen innerhalb der Untersuchungsregion vor. Mit Hilfe standardisierter Substratzusammensetzungen in Abhängigkeit vom EEG-Bonussystem einzelner Anlagen wird zusätzlich der N Anfall aus Gärresten pflanzlicher Herkunft berechnet und zur gesamten N Fracht auf Gemeindeebene aufsummiert [Wü14].

2.1 Algorithmus

Der Algorithmus zur Verteilung der Nährstoffe prüft in einem ersten Schritt, ob eine Gemeinde die 170 kg N Grenze überschreitet. Ist dies der Fall, wird diejenige Gemeinde mit der höchsten relativen Belastung je Hektar identifiziert und die nächste Nachbargemeinde mit freier Aufnahmekapazität berechnet. Der Algorithmus berechnet anschließend die zu transportierende N Fracht, die sich aus der maximalen Aufnahmefähigkeit (Erreichen der 170 kg N Grenze der empfangenden Gemeinde) oder der minimalen N Fracht (Erreichen der 170 kg N Grenze der abgebenden Gemeinde) ergibt. Anschließend werden die N Belastungen der betreffenden Gemeindepaare aktualisiert und der Algorithmus prüft erneut, ob eine Gemeinde den Grenzwert überschreitet (Schleife). Das Abbruchkriterium ist erreicht, wenn die relative N Belastung je Hektar LF für jede Gemeinde unterhalb des Grenzwertes liegt.

2.2 Verwendete Nachbarschaftsbeziehungen

Nachbarschaftsbeziehungen wurden i) als GIS basierte Luftlinienentfernungen zwischen den Gemeindemittelpunkten sowie ii) als Straßenentfernungen basierend auf OpenStreetMap Karten ermittelt. Luftlinienentfernungen wurden innerhalb des GIS ArcMap berechnet. Für die Berechnung von Straßenentfernungen wurde via R script [Rc15] online auf einen Routenplaner (yournavigation.org) zugegriffen. Basierend auf den Längen- und Breitengraden der Gemeindemittelpunkte als Start- und Endpunkte wurden die entsprechenden Entfernungen zwischen den Gemeinden berechnet. Vorab wird geprüft ob die Anfrage erfolgreich durchgeführt werden konnte, d.h. ein auswertbares Ergebnis vorliegt. Nicht erfolgreiche Anfragen werden mit „NA“ kodiert und anschließend ebenfalls den Gemeindepaaren zugewiesen. Um eine vollständige Verteilung der N Frachten innerhalb des Untersuchungsgebietes gewährleisten zu können, mussten Nachbarschaftsbeziehungen um Gemeinden im Radius 100 km berechnet werden. Diese Maximaldistanz reicht aus, um alle Nährstoffe zu verteilen. Daraus resultieren 500.720 mögliche Transportbeziehungen.

3 Ergebnisse

3.1 Plausibilisierung der straßenbasierten Entfernungen

Von 500.720 möglichen Entfernungen konnten 140 nicht erfolgreich abgefragt werden. Mittels Routenplaner berechnete Entfernungen (Abb. 1), die mehr als der dreifachen Luftlinienentfernung betragen, wurden als nicht plausibel klassifiziert (N=11.490 bzw. 2,3%).

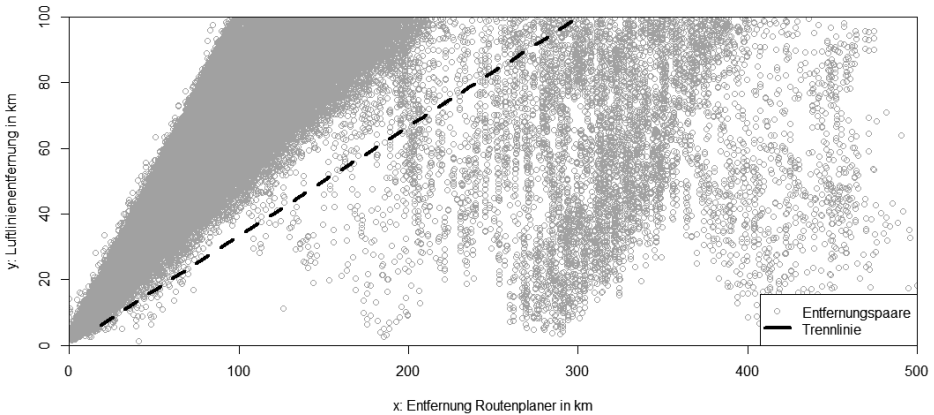


Abb. 1: Vergleich zwischen Luftlinien- und Straßenentfernungen (Routenplaner) sowie Trennlinie ($y=1/3x$) zur Klassifizierung nicht plausibel berechneter Straßenentfernungen

3.2 Anwendung des Algorithmus

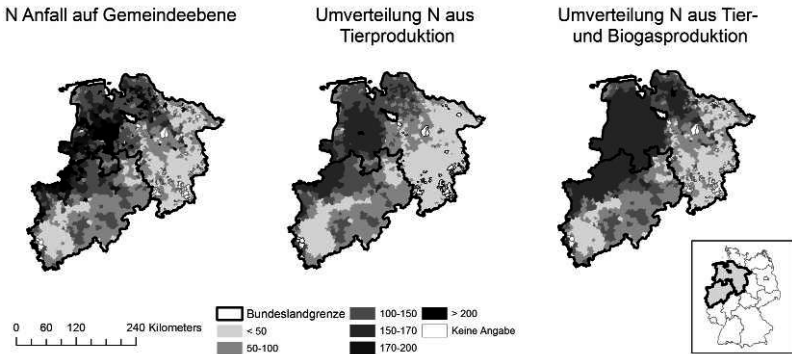


Abb. 2: Räumliche Auswirkungen der Verteilung von N Frachten bis (170 kg N/ha LF) basierend auf Straßenentfernungen

Der Einfluss einer novellierten DüV auf die räumliche Ausdehnung des Gebiets, welches bis zur Obergrenze (170 kgN/ha LF) aufgefüllt wird, um alle N Frachten zu verteilen, unterscheidet sich wesentlich (Abb. 2). Eine novellierte DüV hätte zur Folge dass innerhalb des Modelles 29,6 Mio. kg N (nur N aus der Tierproduktion: 10,5 Mio. kg N) innerhalb der Untersuchungsregion transportiert werden müssten. Basierend auf Straßenentfernungen bedeutet dies einen Transportaufwand von 289,7 Mio. m³km Wirtschaftsdünger (Wirtschaftsdünger aus Tierproduktion: 57,3 Mio. m³km). Die Verbringungskosten³ können mit 19,3 Mio. Euro (N aus Tierproduktion 3,8 Mio.) abgeschätzt werden. D.h., es entstehen 15,5 Mio. Euro zusätzliche Transportkosten (neben Flächenpreiseffekten).

4 Diskussion

Die vorgestellte Verteilmethode berücksichtigt keine Nährstoffimporte aus den Niederlanden oder Belgien. Damit werden die Transportentfernungen sowie –kosten unterschätzt. Wie Abb. 2 zeigt, befinden sich jedoch insbesondere an der Westgrenze der Betrachtungsregion hohe N Frachten. Zukünftige Ausnahmen für Biogas-Gärreste, die eine höhere Obergrenze als 170 kg N/ha LF zulassen könnten, sind ebenso nicht berücksichtigt. Damit würden sich Transportentfernungen sowie –kosten verringern. Die Verteilung der Nährstoffe erfolgt nicht nach einem ökonomischen Optimierungsansatz. Gülle- oder Gärrest-Aufbereitungsverfahren bleiben ebenso unberücksichtigt. Insofern erlauben die vorgestellten Ergebnisse nur eine grobe Abschätzung der Verteilproblematik von N Frachten. Sie liefern aber dennoch wichtige Anhaltspunkte zu den Auswirkungen einer verschärften DüV.

Literaturverzeichnis

- [BM14] BMEL (2014): Verordnung zur Neuordnung der guten fachlichen Praxis beim Düngen. Verordnungsentwurf. Hg. v. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.
- [EP00] Europäisches Parlament und Europäischer Rat (23.10.2000): Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. In: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft, S. 327/1-327/7.
- [Rc15] R Core Team (2015): R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Online verfügbar unter <http://www.R-project.org/>.
- [Wü14] Wüstholtz, R.; Auburger, S.; Bahrs, E.: Konsequenzen aus der Anrechnung von Gärresten pflanzlicher Herkunft auf die N-Ausbringungsobergrenze organischer Düngemittel und auf die Derogation - Status quo und Empfehlungen. In: Berichte über Landwirtschaft (Band 92, Ausgabe 3), 2014

³ Annahme zu Verbringungskosten: Lkw-Transport: 100 Euro/h, Ladefähigkeit 25m³, Durchschnittsgeschwindigkeit: 60km/h

Entwicklung eines serviceorientierten Informationssystems für Phänotypisierungsmessungen im Freiland

Benjamin Bruns¹ und Tobias Blechmann²

Abstract: Die Vielzahl der verfügbaren Messmethoden und Sensorplattformen in der Feldphänotypisierung als auch das Fehlen von Standards im Bereich der Messdatenverwaltung und der experimentellen Planung bzw. Ausführung führte zur Entwicklung des flexiblen Auftrags- und Informationssystem FuRIOS. Für eine hohe Interoperabilität und einfache spätere Nutzung freier GIS-Clients wurden verbreitete OGC-Standards (Open Geospatial Consortium) verwendet. FuRIOS verfügt über drei Subsysteme zur Verwaltung von Messaufträgen, zur Erfassung von Experimentalergebnissen und zur Bereitstellung von Objektgeometrien und verwendet dabei nur quelloffene Softwarekomponenten. Anhand eines vordefinierten Testszenarios auf Basis eines UAV-gestützten RGB-Kamerasystems (IBG-2 Fieldcopter) wurde das System im Feld erfolgreich validiert. Zukünftig ist die Anbindung weiterer Sensorplattformen des IBG-2 geplant.

Keywords: Informationssystem, Sensor Web Enablement, OWS, SOA, Phänotypisierung

1 Motivation und Anforderungen an FuRIOS

Ein zentrales Ziel im Bereich der Feldphänotypisierung ist es durch eine detaillierte Erfassung des Entwicklungsprozesses angebaute Pflanzen und einer möglichst genauen Ertragsbewertung mit Techniken der Pflanzenphänotypisierung (vgl. [TS09]) effizientere Methoden für die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen zu entwickeln.

Trotz erheblicher Entwicklungen im Bereich neuer Sensor- und Trägersysteme ist den Autoren kein etabliertes standardisiertes Austauschformat für erhobene Daten oder ein quelloffenes Auftrags- bzw. Experimentalverwaltungssystem für diese Domäne bekannt. Vor diesem Hintergrund wurde das Informationssystem FuRIOS (Field Robot tasking and Observation Service) entwickelt. FuRIOS ermöglicht die genaue geographische Beschreibung von Untersuchungsobjekten und Messergebnissen als auch die Definition und Verwaltung von Aufträgen für die (voll-)automatische Bearbeitung durch (mobile) Messsysteme im Freiland. Als Webdienst integriert in das Informationssystem PhenO-MIS ([Sc13]) ist sogar die experimentelle Verfolgung und Bonitierung von Pflanzenbeständen möglich. Neben der zentralen Aufgabe der Planung und Verwaltung von Messaufträgen und Messdaten im Freiland war auch eine konsequente Verwendung einer serviceorientierten Architektur (SOA) und eine hohe Interoperabilität durch die Verwendung anerkannter OGC-Standards gefordert. Nichtfunktionale Anforderungen waren eine gute Adaptierbarkeit an neuartige Observationen bzw. Sensoren und eine

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

² IBG-2: Pflanzenwissenschaften, Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich, t.blechmann@fz-juelich.de

gute Konfigurierbarkeit von Auftragsbeschreibungen.

2 Grundlagen und Aspekte bei der Entwicklung von FuRIOS

Zentrales Ziel der SWE-Initiative (Sensor Web Enablement, [Bo07]) ist es, etablierte OGC-Webservices zur Verwaltung georeferenzierter Daten (wie WFS, WMS, WCS) für die spezifischen Anwendungen von Sensornetzwerken zu öffnen und sensorbezogene Standards zu etablieren. Wichtige Standards sind zu einem der Sensor Observation Service (SOS), zum anderen der Sensor Planning Service (SPS). Ersterer dient der Echtzeitabfrage von Observationen und Beschreibungen von Sensoren (in SensorML) und definiert auch ein Austauschformat für Messwerte (Observations&Measurements). Letzterer ermöglicht die Durchführung bzw. Planung (Auftragsbearbeitung) von Sensormessungen als auch die Abfrage verfügbarer Sensoren und ihrer Fähigkeiten.

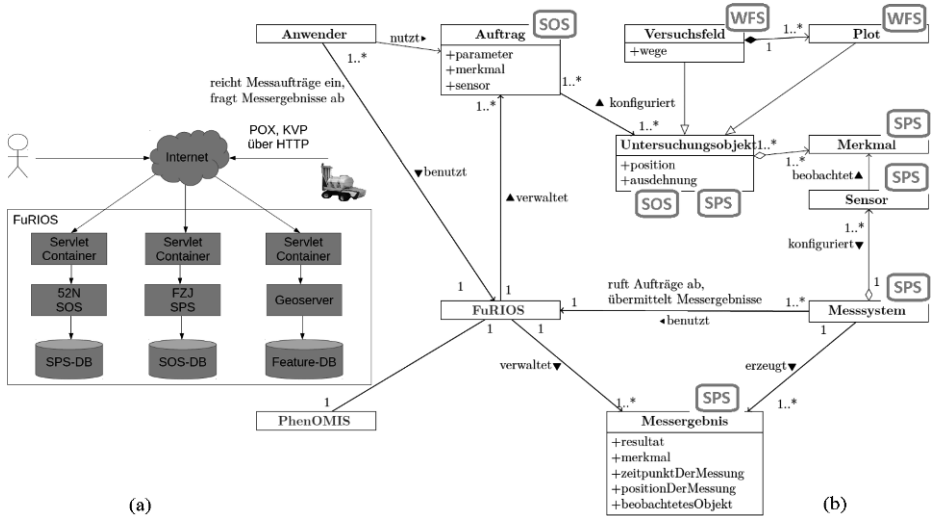


Abb. 1 (a) / (b): Verteilungsstruktur (links, (a)) und fachliche Sicht (rechts, (b)) des FuRIOS-Prototypen inkl. beteiligter Server- und Persistierungskomponenten

Für SOS und SPS existieren verschiedene freie Implementierungen. Aufgrund ihrer hohen Konformität zum SOS-2.0- und SPS-2.0-Standard wurde der Java-Code der 52°N-Initiative verwendet (<http://52north.org/communities/sensorweb/>). Zentrale Komponenten in der Java API for XML Web Services konformen Architektur waren SpringSource Spring 4.1 (IoC-Container), Apache XMLBeans 2.6 (XML-Datenbindung), JBoss Hibernate 4.3 (OR-Mapper) und Tomcat 7 (Servlet-Container).

Es galt bei der Verwendung der Referenzimplementierungen die in Abb. 1 (b) dargestellten grundlegenden Konzepte der Feldphänotypisierung auf die generischen Klassen der OGC-Standards abzubilden. Die Rollen der konzeptuellen Klassen und ihre logische

Zuordnung zu einem FuRIOS-Subsystem ist ebenso dargestellt. Für die SPS-Komponenten zeigte sich, dass Erweiterungen jenseits des Standards notwendig waren, um der geforderten Adaptierbarkeit an neuartige Observationen als auch einer zeitlichen Planung und nachträglichen Aktualisierung von Messaufträgen nachzukommen. Diese wurden über OGC-konforme XML-Dokumente formal spezifiziert und lassen sich per XML-Datenbindung direkt an zu erweiternden OGC-Java-Basisklassen binden ([B114]).

Abb. 1 (a) zeigt die physische Verteilungsebene von FuRIOS und dessen drei Subsysteme: Messaufträge (SPS), Experimentalergebnisse (SOS), Objektgeometrien (GeoServer). Gemäß der SOA-Architektur bieten sie ihre Dienste eigenständig als Webservice (POX- oder KVP-Bindung über HTTP) an und verwenden dabei eine eigene Tomcat-Instanz und PostgreSQL-Datenbank (v9.3 mit PostGIS als Feature-DB). Zur Verwaltung der Objektgeometrien bzw. Ermöglichen ortsbezogener Sensor- oder Auftragsabfragen wurde der freie OpenGeo GeoServer (v2.7, PostGIS-kompatibel) ausgewählt. Hier konnte direkt ein fertiges und freies Produkt eingesetzt werden, das u.a. eine WMS- (Web Map Service) und eine WFS-konforme (Web Feature Service) Schnittstelle zum Abruf georeferenzierter Landkarten bzw. Vektordaten anbietet.

3 Ergebnisse und Validierung

Der entwickelte, noch funktional reduzierte FuRIOS-Prototyp wurde anhand eines prototypischen Testszenarios mit einem UAV-gestützten RGB-Kamerasystem (IBG-2 Fielddooper, s. Abb. 2) auf einem Gerste-Versuchsfeld erfolgreich validiert. Die Testfälle prüften zentrale Funktionen des Auftrags- und Messdatenmanagements als auch die OGC-Standardkonformität der SPS-Erweiterungen. Ersteres geschah durch Modultests, Letzteres durch automatisierte Integrationstests in einer Jenkins-basierten Build-Pipeline.

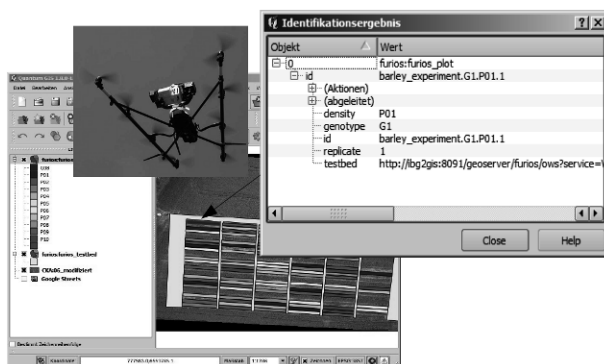


Abb. 2: QGIS-Darstellung des überflogenen Versuchsfelds mit Plotattributen gemäß der OWS-basierten FuRIOS-Schemata

Die Interoperabilität mit OGC-konformen GIS-Tools für georeferenzierte Benutzerabfragen (s. Abb. 2) geschah außerhalb der Build-Pipeline durch Alpha- und Beta-Tests

am IBG-2. Gleichmaßen wurde die Anbindung als PhenOMIS-Messstation ([Sc13]) zur Assoziation von Klimadaten und agronomischer Behandlungen getestet. Das SPS-Subsystem wurde nach einem CI-Ansatz (Continuous Integration) in Jenkins entwickelt, um dessen Funktionalität durch stetige Testerweiterungen agil zu entwickeln. Maßgeblich war auch das Design nach dem IoC-Prinzip (Inversion of Control) und dessen Umsetzung mit dem Spring IoC-Container. So konnten u.a. Mock-Objekte einfach zur Auflösung von Abhängigkeiten und isolierten Modultests eingesetzt werden.

4 Fazit und Ausblick

Der implementierte Prototyp des FuRIOS-Systems wurde anhand des skizzierten Test-szenarios erfolgreich validiert. Hierbei wurden u.a. die aufgenommenen (Überflugs-)Daten und abgeleitete Daten über die SPS- und SOS-Schnittstellen von FuRIOS automatisch erfasst, verarbeitet und einem geografischen-, pflanzlichen- und aufgabenbasierten Kontext zugeordnet. Durch den integrierten WFS-Service konnten die georeferenzierten Experimentaldaten erfolgreich mit freien GIS-Tools (u.a. QGIS) abgefragt und überprüft werden. Sämtliche Subsysteme von FuRIOS basieren auf frei verfügbarer und quelloffener Software. Über formal spezifizierte, maschinenlesbare Extension Points konnten die einzelnen OGC-Dienste bzw. FuRIOS-Subsysteme schnell an die spezifischen Anforderungen der Feldphänotypisierung angepasst werden.

Im Moment lässt sich der FuRIOS-Prototyp nur von versierten Anwendern komfortabel nutzen. Zur Konfiguration des Systems sind Kenntnisse der Auftragsbeschreibungssprache (SPS-Dialekt) nötig. Eine anwenderfreundliche grafische Oberfläche mit Auftragsvorlagen für verschiedene Sensorplattformen soll dieses Problem lösen. Für komplexere raum- und zeitvariable Szenarien, wie z.B. räumliche Abfragen auf multidimensionalen Daten, ist es angedacht eine WCS-Schnittstelle (Web Coverage Service) in FuRIOS zu integrieren. Ein weiteres wichtiges Ziel ist die Unterstützung weiterer Sensorplattformen. Ein anwendungsnahes Testszenario (Machbarkeitsnachweis) für eine noch nicht fertiggestellte UGV-Plattform zur kameragestützten Bonitierung und Erfassung phytopathologischer Parameter im Feld wurde bereits erfolgreich durchlaufen.

Literaturverzeichnis

- [Bo07] Botts, M.; Percivall, G.; Reed, C.; Davidson, J.: OGC Sensor Web Enablement: Overview And High Level Architecture, DWG White Paper (OGC 07-165), 2007.
- [Bl14] Blechmann, T.: Entwicklung eines serviceorientierten Auftragssystems für Phänotypisierungsmessungen im Freiland, Masterarbeit FH Aachen, 2014.
- [Sc13] Schmidt, F. et. al.: A Distributed Information System For Managing Phenotyping Mass Data, Referate der 33. GIL-Jahrestagung, Potsdam, 2013.
- [TS09] Tardieu, F.; Schurr, U.: White Paper on Plant Phenotyping, EPSO Workshop, 2009.

Schlagspezifische operative Fruchtfolgeplanung mit Linearer Programmierung

Henning Burmeister¹, Soenke Garlichs², Mandes Verhaagh³ und Hans-H. Sundermeier⁴

Abstract: Die betriebliche Fruchtfolgemodellierung mit Linearer Programmierung gestaltete bisher Fruchtart- und Arbeitserledigungsalternativen unter Berücksichtigung von aggregierten Kapazitätsrestriktionen (z. B. Flächenausstattung, Arbeits- und Maschinenkapazitäten). Die Fruchtfolge eines Betriebes besteht jedoch genau betrachtet aus der Summe aller Fruchtartsequenzen auf jedem einzelnen Schlag. Diese veränderte Betrachtungsweise hat erhebliche Konsequenzen für Modellgröße und –komplexität sowie für die Umsetzbarkeit von Optimalplanungen. Der Beitrag erläutert Schritte zur Entwicklung einer praxistauglichen Entscheidungshilfe unter Berücksichtigung von Greening-Restriktionen, Wirtschaftsdüngeranfall und Auflagen der Düngeverordnung.

Keywords: Operative Betriebsplanung, Fruchtfolgeplanung, Lineare Programmierung, Risiko

1 Einleitung

Die Abfolgen der Fruchtarten auf den einzelnen Schlägen bilden die zentralen Dispositionselemente für die operative Planung der Pflanzenproduktion im Einzelbetrieb. Obwohl die wirtschaftlich optimale Nutzung der Flächen und weiterer Ressourcen traditioneller Erkenntnisgegenstand der landwirtschaftlichen Betriebslehre ist, fehlen nach wie vor praxistaugliche Entscheidungshilfen, die simultan den komplexen Alternativenraum eines realen Sachproblems mit seinen Verflechtungen, Wechselbeziehungen und Nebenbedingungen abbilden und wirtschaftlich optimale schlagspezifische Anbausequenzen algorithmusgestützt (optimierend im Sinne des Operations Research) ermitteln können.

Gängige Lehrbuchmodelle abstrahieren von schlagspezifischen „Komplexitätstreibern“ (Schlaggröße, -form, Hofentfernung, Anbaurestriktionen, Vorfrucht etc.), und vereinfachen damit Problemauffassung und Modellierung in unzulässigem Ausmaß. Derartig „über“-vereinfachte Modelle erfassen weder entscheidende Aspekte des Realproblems noch können sie praxistaugliche Entscheidungshilfen liefern; sie frustrieren die Anwender und bringen die benutzte mathematische Methode (z. B. Lineare Programmierung) in Misskredit. Gleichzeitig erschweren in der „realen Welt“ gesetzliche Auflagen die Planungspraxis: Die Vorschriften der Düngeverordnung sind künftig ebenso zu berücksichtigen wie die Greening-Auflagen zur Fruchtarten-Diversifizierung.

¹ Institut für Agrarökonomie, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, henning-burmeister@gmx.de

² Institut für Agrarökonomie, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, sgarlichs@web.de

³ Institut für Agrarökonomie, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, mandes@verhaagh.de

⁴ Landwirtschaftlicher Buchführungsverband, Kiel, hsundermeier@lbv-net.de

2 Stand der Modellentwicklung

Die für die Landnutzung bedeutsamen Faktoren und Organisationsprinzipien sammelt Kuhlmann [Ku15] aus standorttheoretischer Perspektive (s. Tab. 1) und formuliert als erwerbswirtschaftliches Ziel die nachhaltige Maximierung der betrieblichen Bodenrente.

Für Landnutzung bedeutsame Standortfaktoren bzw. betriebliche Organisationsprinzipien (nach Kuhlmann [Ku15])	LP-Modell
natürliche Standortfaktoren: Bodenart, Ertragspotential, Steinbesatz ...	(+)
technologische Standortfaktoren: genetische Potentiale der Pflanzen und Tiere, verfügbare Dünge- und Pflanzenschutzmittel, Maschinen und technische Anlagen	(tw) +
strukturelle Standortfaktoren: Entfernung der Produkt- und Faktormärkte, Hof-Feld-Entfernung, Größe und Formen der Feldstücke	+
marktliche Standortfaktoren: Relationen zwischen Produktpreisen, Faktorpreisen und Faktor- bzw. Produktpreisen	+
Erhaltung Leistungsfähigkeit des Bodens: Humusausgleich, Nährstoffausgleich, Begrenzung von Unkraut- und Krankheitserregern	(tw)
Sicherung der wirtschaftlichen Existenz: Marktrisikoausgleich und Produktionsrisikoausgleich	(+)
Sicherung der Versorgung für Futterausgleich und Substratausgleich	(+)
bestmögliche Nutzung verfügbarer Produktionskapazitäten	+
<hr/>	
+ = berücksichtigt (+) = implizit berücksichtigt (tw) = teilweise berücksichtigt	

Tab. 1: Im LP-Optimierungsmodell berücksichtigte Standortfaktoren und Organisationsprinzipien

Als weitere Konstituenten für einzelbetriebliche Landnutzungsprogramme und -intensitäten führt Kuhlmann unterschiedliche Befähigungen und Verhaltensweisen der Landnutzer bezüglich Realisierung technischer und ökonomischer Effizienz, Risikoverhalten, Zeitpräferenz und Berücksichtigung von Nebenbedingungen für das erwerbswirtschaftliche Ziel an.

Verhaagh und Sundermeier brechen in einer Vorstudie [VS15] mit der traditionellen Auffassung einer „betrieblichen“ Fruchtfolge und modellieren die Nutzungsalternativen für jeden Schlag einzeln unter Beachtung der aus standorttheoretischer Sicht ermittelten Faktoren und Organisationsprinzipien (s. Tab. 1). Die auf den ersten Blick nur geringfügig modifizierte Problemauffassung (simultane Berücksichtigung der Parameter aller Einzelschläge) verändert Größe, Komplexität und Nebenbedingungen (z. B. Binarität) für eine betriebliche Lösungsraumabbildung grundlegend. Ein erster Machbarkeitstest der neuen Modellarchitektur gelang bis zu einer Problemgröße von acht Schlägen und ermutigte zur Weiterentwicklung zu einer Fruchtfolge-Entscheidungshilfe für die Praxis. Garlichs und Burmeister integrieren weitere Modellkonstrukte für Mindestfruchtartendiversität, Wirtschaftsdünger [Ga15] bzw. Risiko [Bu15] und erweitern die simultane Ressourcenverflechtung für bis zu 26 Schläge. Dabei entstehen LP-Matrizen mit derzeit bis zu 7.500 Aktivitäten (mit etwa 1.160 Binärvariablen) für einen Einzelbetrieb.

3 Ausrichtung auf Anforderungen aus der Anwendungspraxis

Praxisrelevante Entscheidungshilfen müssen u. a. a) das Real-World-Sachproblem ausreichend genau abbilden, b) vorhandene betriebliche Daten, Datenmodelle bzw. Datenhaltungssysteme verwenden, c) vorhandene Schnittstellen zur Datenaufnahme nutzen, d) Schnittstellen zur Datenweitergabe bedienen, e) auf einem robusten Lösungsalgorithmus beruhen, f) ohne manuelle Aufbereitungsschritte nachvollziehbare Ergebnisse liefern und g) zusätzliche Informationen über die Stabilität der Ergebnisse ergänzen.

Als Planungshorizont definieren wir zwei Wirtschaftsjahre: Die eigentliche Planungsperiode für die anstehenden Anbauentscheidungen sowie ein Folgejahr für die Berücksichtigung von Effekten, die sich aus dem Planjahr ergäben. In Verbindung mit der jeweiligen Anbauhistorie (Vorfrucht und Vor-Vorfrucht) entsteht für jeden Schlag und für die innerbetriebliche Ressourcenallokation ein insgesamt vierjähriger Betrachtungshorizont. Zur differenzierten Abbildung der Arbeitswirtschaft modellieren wir Sub-Intervalle mit einer Dauer von 14 Tagen. Mächtigster Komplexitätstreiber bleibt die Zahl der Einzelschläge. Mit dem kommerziellen LP-Solver der Fa. Frontline ließen sich Modelle mit bis zu 26 Schlägen bearbeiten.

Praxisentscheidend ist ein möglichst geringer Aufwand für Datenbeschaffung und -aufbereitung. Wir nutzen die Exportschnittstelle des Sammelantrags zur Übernahme der Flächenidentifikator-Nummer (FLIK), des Schlagnamens, der Größe sowie der Vorfrüchte. Die Landwirtschaftsverwaltung kann hiermit zugleich Greening-Auflagen zur Fruchtfolgegestaltung kontrollieren. Mangels Schnittstellen-Standardisierung sind weitere betriebliche Datenquellen (Buchführung und Schlagkartei) derzeit noch nicht für eine automatische Datenübernahme nutzbar. Ein konzeptueller Verknüpfungsvorschlag entstand für das System WIKING des Landwirtschaftlichen Buchführungsverbandes. In den darin enthaltenen Zusatz-Naturalfeldern für die Datensätze für die Finanzbuchführung können wesentliche Angaben zum naturalen Betriebsgeschehen dokumentiert werden.

Die Erstellung der einzelbetrieblichen LP-Modelle sowie die Interpretation der Optimal-Lösungen erfolgen derzeit mit Hilfe von Microsoft-EXCEL als Frontend. Mit den vielfältigen Gestaltungsoptionen lässt sich der differenzierte Informationsgehalt der LP-Ergebnisse (betrieblicher Optimalplan einschließlich Grenzwerte sowie Sensitivitätsbericht mit Stabilitätsbereichen) gezielt und grafisch unterstützt aufbereiten.

4 Erste Ergebnisse und Ausblick

Die Folgestudien von Garlichs [Ga15] und Burmeister [Bu15] erweiterten das Grundmodell zur Fruchtfolgeoptimierung um obligatorische Cross-Compliance-Restriktionen (Greening-Auflage: Mindestfruchtartendiversität bzw. Berücksichtigung ökologischer Vorrangflächen), Auflagen gemäß Düngeverordnung 2012 (Mengen- bzw. Ausbringungzeit-Beschränkungen für Wirtschafts- und Handelsdünger), optimale Allokation

von Wirtschaftsdünger unter Berücksichtigung der Lagerkapazitäten (am Beispiel der Schweinegülle), arbeitswirtschaftliche Differenzierung in Abhängigkeit der Feld-Hof-Entfernungen und Modellierungsvarianten für die Berücksichtigung von Risiko.

Strafkostenansätze erlauben das Aufweichen zu strikter Restriktionen. Wenn beispielsweise die betrieblichen Arbeitskapazitäten ausgeschöpft sind, müssen nicht zwangsläufig Arbeiten an Lohnunternehmer abgegeben werden. Durch höher vergütete Überstunden können Arbeitszeitspannen „gestreckt“ werden, solange dies kostengünstiger ist als eine betriebsexterne Arbeitserledigung.

Werden gesetzlichen Vorgaben verletzt, berücksichtigen spezielle Modellformulierungen die wirtschaftlichen Konsequenzen. Bei einer Überschreitung der erlaubten Nährstoffüberhänge laut Düngeverordnung erfolgt ein automatischer Abzug in Höhe von drei Prozent der Betriebsprämie im ersten Jahr und von fünf Prozent im zweiten Jahr. Weitere potentielle Bußgeld-Sanktionen (z. B. bei Verletzung der Wasserrahmenrichtlinie) sind derzeit nicht berücksichtigt.

Die zusätzlichen Modellkonstrukte erwiesen sich als tragfähig und führten in Parametrisierungstests sowie im prototypischen Praxiseinsatz zu plausiblen und nachvollziehbaren Fruchtfolge-Empfehlungen. Die aktuellen Arbeiten konzentrieren sich auf a) eine weitere Annäherung an Regelwerk und Datenmodell der landwirtschaftlichen Rechnungslegung (Wirtschaftsjahresgrenzen, Bewertung von Feldinventar und selbsterzeugten Vorräten, konsequente Nutzung und Detaillierung der Kontierungskonzepte, konkrete Vorschläge zur Belegung der Zusatznaturalfelder im Buchführungssystem WIKING), b) Aufhebung bzw. Anhebung des Limits für die maximale Zahl der abzubildenden Schläge, c) ein vereinfachtes Handling des Matrizenaufbaus sowie d) eine verbesserte Darstellung und Erläuterung der Optimallösungen in einem selbst erklärenden Ergebnisbericht.

Literaturverzeichnis

- [Bu15] Burmeister, H.: Parzellenspezifische operative Betriebsplanung mit Linearer Programmierung unter besonderer Berücksichtigung von Risikoaspekten. Masterarbeit, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2015
- [Ga15] Garlichs, S.: Parzellenspezifische operative Betriebsplanung mit Linearer Programmierung unter besonderer Berücksichtigung von Wirtschaftsdünger aus Veredlungsbetrieben. Masterarbeit, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2015
- [Ku15] Kuhlmann, F.: Landwirtschaftliche Standorttheorie – Landnutzung in Raum und Zeit, DLG-Verlag, Frankfurt, 2015
- [VS15] Verhaagh, M.; Sundermeier, H.-H: Verbesserte Betriebsplanung mit Linearer Programmierung durch parzellenspezifische Fruchtfolgemodellierung und Verknüpfung mit der Finanzbuchführung. In (Arno Ruckelshausen, Hans-Peter Schwarz, Brigitte Theuvsen, Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft, Referate der 35. GIL-Jahrestagung in Geisenheim; S. 193-196; 2015

Farming 4.0 und andere Anwendungen des Internet der Dinge

Michael Clasen¹

Abstract: Im Bereich der IT-Industrie werden nahezu jährlich neue Begriffe geprägt, von denen einige zu angesagten BuzzWords aufsteigen. Häufig werden diese jedoch uneinheitlich verwendet. In diesem Artikel werden die Begriffe *Internet der Dinge*, *Tracking & Tracing*, *Supply Event Management*, *Logistik 4.0*, *Industrie 4.0* und schließlich *Farming 4.0* beschrieben, verglichen und strukturiert.

Keywords: Internet der Dinge, Internet of Things, IoT, Tracking & Tracing, Supply Chain Event Management, Logistik 4.0, Industrie 4.0, Farming 4.0

1 Von neuen Säuen und alten Schläuchen

Alle paar Jahre wird in der IT-Industrie eine neue Sau durchs Dorf gejagt. Dabei wird nicht selten alter Wein in neuen Schläuchen verkauft. Nach *electronic* und *dot.com* um die Jahrtausendwende, musste spätestens 2006 alles *Web 2.0* sein. Ab 2009 ging nichts mehr ohne die *Cloud* und wer 2011 kein *Big Data*-Projekt aufgesetzt hatte, war nicht am Puls der Zeit. Ohne das *Internet der Dinge* und den Grundsätzen von *Industrie 4.0* scheint ein Unternehmen seit 2012 nicht mehr erfolgreich führbar zu sein. Und auch der Landwirt muss sich seit kurzem mit der Frage beschäftigen, ob er weiterhin Landwirtschaft oder besser *Farming 4.0* betreiben sollte. Diese BuzzWords der IT-Industrie mögen ärgerlich erscheinen, da häufig nichts wirklich Neues erfunden, sondern lediglich Altbekanntes neu verpackt und professioneller vermarktet wurde. Aber die Weisheit der Unternehmensberater, dass je häufiger ein Begriff benutzt wird, umso wahrscheinlicher ein Budget daraus wird, scheint plausibel. Vermutlich helfen BuzzWords, Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen sowie die dazu benötigten Gelder zur rechten Zeit auf bestimmte Themen zu lenken, um auf diese Weise leichter eine kritische Masse zu erreichen. In den Zeiten des Hypes fließt das Geld reichlich, so dass die Technologien verbessert, benötigte Standards entwickelt, Geschäftsprozesse getestet und Verbraucher überzeugt werden können. Auch die Wissenschaft ist nicht immun gegen diese Verlockungen des Geldes. Die Chancen eines Forschungsantrages erscheinen größer, wenn Industrie oder Farming 4.0 in der Überschrift enthalten ist. Vermutlich, weil auch die Geldgeber sich rechtfertigen müssen und dies bei hypen Forschungsvorhaben leichter fällt. Aus wissenschaftlicher Sicht ist es aber wichtig, den Überblick über die verschiedenen Begriffe zu behalten, diese klar voneinander abzugrenzen und zu definieren. In

¹ Hochschule Hannover, Abteilung Wirtschaftsinformatik, Ricklinger Stadtweg 120, 30459 Hannover, michael.clasen@hs-hannover.de

diesem Artikel sollen die Begriffe *Internet der Dinge*, *Tracking & Tracing*, *Supply Chain Event Management*, *Logistik 4.0*, *Industrie 4.0* und *Farming 4.0* beschrieben und in einen Zusammenhang gesetzt werden. Nur vor diesem Hintergrund wird klar, wie es zum Begriff Farming 4.0 gekommen ist.

2 Anwendungen auf Basis des Internet der Dinge

Das **Internet der Dinge** (Internet of Things; IoT) stellt eine Infrastruktur dar, über die historische und aktuelle Ereignisdaten der realen Welt auf dezentralen Servern global verfügbar gemacht werden [MF10]. Ereignisse der Form Was-Wann-Wo-Warum werden dezentral gespeichert und über zentrale Naming-Server indiziert. So kann zum Beispiel eine Lieferung von Mastschweinen ein Event folgender Form sein: „Die Schweine mit den Nummern xxx-yyy wurden am 31.07.2015 um 04:53 MEZ auf dem Hof Thomsen über die Rampe 3 auf den LKW mit dem Kennzeichen SL-AX 804 geladen, um zur Schlachtung gefahren zu werden.“ Damit die Erzeugung dieser Eventdaten möglichst automatisch, also ohne manuelle Tätigkeit, erfolgt, kommen zur Identifikation der Objekte bzw. Tiere häufig Auto-ID-Technologien wie RFID oder Strichcodes und zur Messung weiterer Parameter Sensoren zum Einsatz. Jedes denkbare Ereignis kann auf diese Weise seine Datenspur hinterlassen. Weitere Beispiele aus dem Bereich der Ernährungswirtschaft wären der Melkvorgang einer Kuh, die Bestellung von Kraftfutter, die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln, der Verkauf eines Liters Milch an der Supermarktkasse, die Retoure eines reklamierten Lebensmittels etc.

Auf dieser generischen Infrastruktur des Internet der Dinge können nun diverse betriebliche Anwendungen aufsetzen. Schnell wird ersichtlich, dass diese Basis ideal für die Rückverfolgung (**Tracking & Tracing**) von Lebensmitteln ist [Cl06]. Hierzu muss lediglich eine Webanwendung programmiert werden, die die Daten zu einem Produkt aus den dezentralen Datenbanken zusammenführt und übersichtlich auf einer Webseite oder in einer App darstellt. Einen Schritt weiter geht das **Supply Chain Event Management (SCEM)** [z.B. Tr14]. Hierbei werden in Lieferketten kontinuierlich und automatisch Soll-Ist-Vergleiche vorgenommen, um mögliche Verzögerungen frühestmöglich zu entdecken. Wird eine Verspätung festgestellt, spielt das System Alternativen durch und meldet dem Prozessverantwortlichen sinnvolle Varianten zur besseren Entscheidungsfindung. Im Nachgang wird die ausgewählte Alternative vom SCEM bewertet, so dass hieraus eine Erkenntnis für die Zukunft gewonnen werden kann und sich somit die künftig vorgeschlagenen Alternativen bzgl. ihrer Zielerfüllung verbessern. Während beim SCEM die Steuerung der logistischen Kette noch zentral erfolgt, dreht **Logistik 4.0** die Verantwortung um. Wie bei allen „4.0“ Konzepten erfolgt die Steuerung nun dezentral, in dem sich die logistischen Einheiten jetzt selbst steuern. Bei Logistik 4.0 sind die logistischen Einheiten also selbst dafür verantwortlich, dass sie ihr Ziel erreichen. Hierzu kommunizieren die physischen Einheiten meist per RFID mit einer Agentensoftware in einem Datennetz, die relevante Informationen sammelt und Entscheidungen trifft und die vielleicht als „Geist“ dieser logistischen Einheit bezeichnet

werden kann. Ein Karton müsste also selbsttätig einen Gabelstapler rufen, damit dieser ihn in einen LKW lädt, der in Richtung seines Zielortes fährt. Die Pakete „trampen“ quasi eigenverantwortlich zum Ziel. Auch hier kann es eine Lernkurve geben, da die Agentensoftware im Nachgang evaluieren kann, wie erfolgreich die Entscheidungen gewesen sind und es künftig besser machen. Solche Konzepte einer autonomen und selbstgesteuerten Logistik werden seit Mitte des letzten Jahrzehnts in der Literatur unter dem in diesem Kontext irreführenden Begriff des „Internet der Dinge (im engeren Sinne)“ diskutiert [Ho05, S. 205ff.]. Da die oben beschriebene generische Infrastruktur des „Internet der Dinge (im weiten Sinne)“ deutlich mehr Nutzungsmöglichkeiten als nur in der Logistik bietet, sollte dieser Begriff für einzelne Anwendungen nicht mehr benutzt werden.

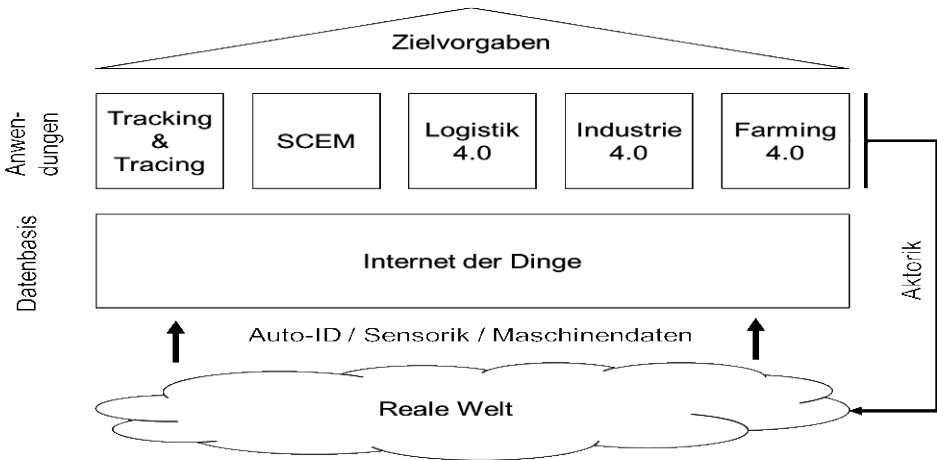


Abbildung 1: Anwendungen wie Farming 4.0 mit dem Internet der Dinge als Datenbasis

Industrie 4.0 überträgt das Konzept der Selbststeuerung auf Produktionsprozesse. In den künftigen Smart Factories „herrscht eine völlig neue Produktionslogik: Die intelligenten Produkte sind eindeutig identifizierbar, jederzeit lokalisierbar und kennen ihre Historie, ihren aktuellen Zustand sowie alternative Wege zum Zielzustand“ [AKI13, S. 5]. Hierzu können Maschinen und Lagersysteme selbstständig Informationen austauschen und Aktionen auslösen. Künftig, so die Vision, soll es also ausreichen, die gewünschten Produktspezifikationen auf einen Datenträger, wie z.B. einen RFID-Transponder, zu schreiben und diesen in eine entsprechende Produktionshalle zu legen. Der gesamte Herstellungsprozess dieses Produktes liegt nun in der Verantwortung des Transponders und seines „Geistes“. Er muss sich in einer geeigneten Reihenfolge an die jeweiligen Fertigungsplätze bringen lassen, so dass nach und nach das gewünschte Produkt um den als Nukleus dienenden Transponder entsteht. Auch hier gibt es also keine zentrale Steuerung der Prozesse. Als Vorteile dieser Architektur werden die bessere Beherrschbarkeit der immer komplexeren Systeme, eine bessere Qualität durch direkte Reaktionen auf Störungen und eine höhere Flexibilität der Produktion genannt. Man hofft die hohe Flexibilität einer Einzelfertigung zu den niedrigen Kosten einer Massenproduktion zu errei-

chen. In der heutigen Praxis wird der Begriff Industrie 4.0 jedoch meist breiter gefasst und mit der Automatisierung von Produktionsprozessen gleichgesetzt. Da die Steuerung dieser Prozesse aber in der Regel zentral erfolgt, ist ein entscheidendes Kriterium für „4.0“ nicht erfüllt. Es handelt sich daher um Industrie 3.0 Projekte, für die sich aber derzeit schwerer Projektbudgets finden lassen.

Farming 4.0 schließlich knüpft am Konzept von Industrie 4.0 an, wenngleich mit grundlegenden Unterschieden. Während bei Industrie 4.0 die Entscheidungen im Produktionsprozess vom herzustellenden Produkt ausgehen, ist dies für landwirtschaftliche Erzeugnisse nicht oder nur schwer denkbar. Bei der Produktion von Massengütern wie Getreide wird auch künftig nicht das einzelne Getreidekorn den Ernteprozess steuern. Ein kühner Agrarinformatiker könnte landwirtschaftliche Nutztiere als die ersten intelligenten, teilautonomen und selbstgesteuerten Produktionssysteme bezeichnen, die z.B. selbstgesteuert Milch und Fleisch produzieren. Weidevieh weidet und trinkt sich selbsttätig und bringt sich bei Gefahr ohne fremde Steuerung in Sicherheit. So gesehen praktiziert die Landwirtschaft Farming 4.0 schon seit der Domestizierung von Haustieren seit ca. 10.000 Jahren. Für den Großteil der Agrarinformatiker und Landtechniker wird Farming 4.0 aber wohl eher bedeuten, dass autonom agierende Maschinen die Produktionsprozesse selbstverantwortlich übernehmen. Intelligente Schlepper, Erntemaschinen und Melkroboter sind bereits Realität oder stehen kurz vor der Serienproduktion. Diesen werden künftig lediglich Produktionsziele vorgegeben, die es einzuhalten gilt. Wie dies aber im Einzelnen erfolgen soll, bleibt im Entscheidungsbereich der Maschinen. Für das Produktionssystem Getreide könnte der Landwirt z.B. vorgeben, mit welchem Intensitätsgrad produziert werden soll. Feldspritze und Düngerstreuer würden dann selbstständig entscheiden, wann und wo welche Mengen auszubringen sind. Der Landwirt wird künftig wohl nur noch im Fehlerfall operativ eingreifen müssen. Im Normalfall wird sich seine Tätigkeit auf die Vorgabe von Zielen beschränken.

Literaturverzeichnis

- [AKI13] Arbeitskreis Industrie 4.0: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Abschlussbericht, Plattform 4.0.
- [CI06] Clasen, M.: Das EPCglobal-Netzwerk – Ein Werkzeug zur Rückverfolgung in Echtzeit. in: elektronische Zeitschrift für Agrarinformatik, Heft 1, 1. Jahrgang, S. 3-15.
- [MF10] Matern, F., Flörkemeier, C.: Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge, Informatik Spektrum 33(2), S. 107-121.
- [Ho05] ten Hompel, M.: IT-Landschaften – Das Internet der Dinge. in: Seifert, W., Decker, J. (Hrg.), RFID in der Logistik, Deutscher Verkehrs-Verlag, Hamburg.
- [Tr14] Tröger, R.: Supply Chain Event Management, Dissertation, Universität Leipzig, http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/15501/Dissertation_ralph_troeger_2014-11-05.pdf.

10 Jahre Internet der Dinge für die Landwirtschaft - 10 Jahre iMetos

Heinrich Denzer und Gottfried Pessl¹

Abstract: Pessl Instruments GmbH fertigt seit dem Jahr 1988 Wettermessgeräte für die Landwirtschaft und den Obstbau. Begonnen wurde mit sogenannten Apfelschorfprognosegeräten. Diese hatten einen kleinen Thermostransferdrucker eingebaut und der Obstbauer druckte sich an jedem Regenmorgen die Ergebnisse der Apfelschorfprognose aus. Ab 1992 wurden die Geräte zunehmend per Kabel mit dem PC verbunden und die Prognosemodell waren nun vielfältiger und ein Teil der PC-Software. Ab 1996 wurden die Geräte mit Mobiltelefon ausgestattet und seit dem Jahr 2005 senden diese Geräte ihre Daten an einen Webserver und die Kunden greifen über diesen auf die Daten zu. Pessl Instruments GmbH darf sich deshalb zurecht als Pionier im Internet der Dinge bezeichnen. Die Wetterstationen wurden mittlerweile durch Bodenfeuchtemessstationen, Beregnungssteuerungen, elektronische Insektenfallen, Feldüberwachung mit Foto und Video und die Verwaltung von Feldbeobachtungen ergänzt. In unserer Präsentation möchten wir Ihnen einen historischen Überblick über unsere Aktivitäten und einen kleinen Ausblick in unsere zukünftigen Aktivitäten geben.

Keywords: Pflanzenkrankheits-Prognose-Modelle, Landwirtschaftliche Wetterstationen, Kapazitive Bodenfeuchtemessung, GPRS, UMTS, CDMA, WiFi, Funktechnologie, Internet of Things, Agriculture 4.0, Web Services, Mungo DB

1 Einleitung

In meiner Kindheit, auf einem typischen südbadischen Gemischtbetrieb, wurde täglich in Milchkannen, Markttags mit der Balkenwaage, jeden Sommer auf der Brückenwaage und jeden Herbst in Öchsle gemessen. Gemessen wurden die Ergebnisse der Arbeit, der Weg dorthin wurde nach bestem Wissen und Gewissen geschätzt. Wir, die Fa. Pessl Instruments GmbH sind 1988 angetreten um das mit Hilfe von Elektronik zu ändern. Unser Ziel ist es, den Weg zum landwirtschaftlichen Produkt immer besser und immer dichter mit unseren Messgeräten in Daten und Fakten zu fassen.

Die nun über 25-jährige Geschichte unserer Firma im Bereich der Agrarelektronik zeigt exemplarisch die Entwicklung in dieser Branche. Dabei lässt sich erkennen, dass diese immer durch die Veränderung der menschlichen Kommunikation zu Ende des vergangenen Jahrhunderts und zu Beginn des 21ten Jahrhunderts ermöglicht wurde.

¹ Pessl Instruments GmbH, Werksweg 107, A-8160 Weiz, heiner.denzer@metos.at, gottfried.pessl@metos.at

2 Die historische Entwicklung

1986 bis 1992, die Zeit der Schorf- und Peronospora- Prognosegeräte: In den Jahren 1985 bis 1988 wurden zeitgleich an vier Orten im deutschsprachigen Europa Schorf- und Peronospora- Prognosegeräte entwickelt. In Weinsberg, Württemberg und in Freiburg, Baden jeweils von den dort ansässigen staatlichen Forschungsinstituten für Weinbau. In der Steiermark wurden zwei weitere Geräte entwickelt. Die Landwirtschaftskammer in Graz und die Fachschule für Obstbau in Gleisdorf standen hier hinter der Entwicklung. In Baden-Württemberg haben die Firmen G. Lufft Mess- und Regeltechnik GmbH und Berghof Analytik und Umweltengineering GmbH zunächst den Schwerpunkt auf die Prognose der Rebenperonospora (*Plasmopara viticola*) gelegt. Die Steiermark versteht sich eher als Obstbaugebiet. Daher haben die Firmen Anton Paar GmbH und Gottfried Pessl sich zunächst um die Prognose des Apfelschorfs (*Venturia inaequalis*) gekümmert. Technisch waren sich die 4 Geräte sehr ähnlich. Man versuchte im ersten Anlauf mit preisgünstiger Sensorik Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschlag und Blattnässe zu erfassen. Sensorauswertung und die Berechnung der Modelle erfolgten mit 8 Bit Mikrokontrollern der 80C517. Bei der eingesetzten Sensorik musste man allgemein bald nachbessern. Die Anbieter Anton Paar GmbH und Berghof Analytik und Umweltengineering haben sich bald wieder aus dem Markt zurückgezogen. Die Firmen G. Lufft Mess- und Regeltechnik und Gottfried Pessl blieben dem Markt weiter erhalten.

1992 bis 1996, die Messgeräte werden an den PC angeschlossen: Gerade die Obstbaubetriebe haben schon sehr früh PCs verwendet. Sie wollten die Schorfcomputer deshalb schon sehr bald an den PC anschließen. Daher wurden die Geräte zunächst mit seriellen Schnittstellen ausgestattet und es wurde PC Software für die Schorf Prognose geschrieben. Ab 1992 wurden dann alle Geräte an den PC angeschlossen. Drucker und Prognosesoftware auf dem Gerät entfielen. Die langen Kabelverbindungen waren jedoch recht unhandlich. Deshalb wurde versucht sie durch Funklösungen zu ersetzen. Ein neuer Anbieter aus Österreich, die Firma Adcon Telemetry bot dafür die am besten integrierte Lösung. Insgesamt erwiesen sich die Lösungen im 433 MHz Band aber als störungsanfällig und recht schwierig zu handhaben.

1996 bis 2005, Circuit Switched Data (CSD) im GSM Netzwerk: Ab 1996/1997 wurden in ganz Europa die Netze der ersten Mobilfunk Generation errichtet. Die Wetterstationen konnten nun auch im Feld angerufen werden. Damit stand zum ersten Mal eine wirklich praktikable Lösung für die Datenübertragung zur Verfügung. Das machte es auch möglich mehr Daten aus den Feldern zu übertragen. Die Nutzung von Bodenfeuchtesensoren zur Erfassung der Bodenwasserdynamik begann zu dieser Zeit. Genutzt wurden vorwiegend Watermark Sensoren von Irrrometer, Tensiometer und die erste Generation der Enviroscan Sensoren von Sentek in Australien. Letzterer war der erste Frequency Domain Reflectometry Sensor (FDR), der in größerem Umfang in der landwirtschaftlichen Praxis Eingang fand. In der wissenschaftlichen Praxis dominierten die Time Domain Reflectometry Sensoren (TDR). Der hohe Stromverbrauch dieser Sensoren verunmöglichte aber Ihren Einsatz in der produktiven Landwirtschaft.

2005 bis heute, mobile Internet Verbindungen als Basis der Datenkommunikation:

Im Jahre 2004 brachte die Firma Telit das erste GPRS Datenmodul mit integriertem TCP/IP-Stack auf den Markt. Dies war das erste Modul mit dem es möglich war, kleine auf stromsparenden Mikrocontrollern basierende Datenaufzeichnungsgeräte mit dem Internet zu verbinden. Wenig später folgten Wavecom (heute Sierra Wireless), Siemens, Ericsson und Motorola mit ähnlichen Modulen. Damit begann für uns das Zeitalter des Internet of Things (IoT).

2005 – 2007: Die anfangs lückenhafte Versorgung des ländlichen Raums mit GPRS verbessert sich zunehmend. In Europa wird es möglich von den meisten Standorten problemlos mit GPRS Daten an die Web Server zu senden; 2008 – 2010: Auf dem Land werden die GPRS Netze um den EDGE Standard erweitert; 2010 – 2015: Auf dem Land werden die GPRS und EDGE Netze um UMTS erweitert; seit 2015: Immer häufiger stehen keine GPRS oder EDGE Datendienste mehr zur Verfügung. In manchen Ländern ist die Netzabdeckung in ländlichen Gebieten rückgängig. Es besteht Hoffnung, dass sich die Situation mit der Einführung von LTE 900 MHz wieder verbessern wird.

Die Entwicklung bei der Bodenfeuchtemesstechnik: Ab Ende der 90er Jahre kommen immer mehr Kopien der Sentek Enviroscan Sensoren auf den Markt. Die Sensoren werden zumeist in Australien, Südafrika und Vietnam entwickelt und unter verschiedenen Produktnamen verkauft. 2002 bringt Decagon Inc die ersten wirklich preisgünstigen FDR Sensoren heraus. Die erste Generation befriedigt nicht wirklich, aber ab 2004 wird zunächst mit dem EC5 und später mit dem 10HS ein wirklich guter preisgünstiger Sensor verfügbar. Seit 2010 werden diese Sensoren ebenfalls sehr stark kopiert und können von mehreren Herstellern bezogen werden.

3 Diskussion

Analog zur Entwicklung des Personal Computers vollzog sich die Entwicklung von weniger leistungsstarken Mikrocontrollern, die über eine geringere Leistungsfähigkeit, aber auch über einen geringeren Stromverbrauch verfügten. Mitte der 80er Jahre waren das meist Intel 8086 Derivate wie der oben erwähnte 80C517. Gleichzeitig gab es die ersten stromsparenden Echtzeit Uhren. Mit diesen Bausteinen war es möglich, extrem energiesparende Datenaufzeichnungsgeräte zu bauen. Die zu Ende der 80er Jahren entwickelten Schorf- und Peronospora Warngeräte waren im Vergleich zu den damals für die Meteorologie entwickelten Messgeräte kleiner, leichter und kamen mit weniger Energie aus. Erzwingen wurde das durch das zur Verfügung stehende Budget. Wenn mit den Geräten 3 Schorf- oder Falscher Mehltau Spritzungen eingespart werden konnten, so entsprach das einer Ersparnis von ca. DM 200 pro ha. Bei einem Gerätepreis von etwa DM 4.000 konnte so mit etwas Liebe noch ein ökonomischer Vorteil errechnet werden.

Bereits mit den ersten Geräten wurde deutlich, wie kritisch es ist die Informationen schnell und kostengünstig zum Wein- oder Obstbauern zu bringen. Das geschah Ende der 80er Jahre meist mit Anschlagtafeln an denen der Gerätebetreuer die Ausdrücke des

Gerätes aufhängte. Zusätzlich wurden meist Anrufbeantworter besprochen und etwas später dann Faxe versendet. Mit dem Modemabruf der Wetterstationen und der Verwendung von Faxmodems oder Bulletin Board Systemen waren die ersten Datenautomatisierungen möglich.

Die Datenkommunikation über den Webserver ab 2005 löste all diese Probleme. Nun konnten die Daten jedem Anwender zur Verfügung gestellt werden. Wo die Kunden keine Geräte zur Internetkommunikation hatten, wie in vielen afrikanischen Ländern oder in armen Ländern Südosteuropas, wurde die Information per SMS versendet. Smartphones lassen die Nutzer heute von überall auf die Daten zugreifen. Die Lösung des Kommunikationsproblems ermöglicht es jetzt auch viel mehr Parameter zu messen als das noch 2005 möglich war.

Die Entwicklung der Bodenfeuchtemessung mit FDR vollzog sich zeitgleich mit der Entwicklung der Hochfrequenztechnologie. Die erforderlichen Bausteine und ihre preiswerte Verfügbarkeit sind ein Abfallprodukt dieser Entwicklungen. Gegenwärtig setzen sich die Sensoren, die mit 10 cm Auflösung die Wasserdynamik im gesamten Profil messen, durch. Diese Sensoren erzeugen einiges an Daten. Ihre Verwendung ist deshalb wieder mit den entsprechenden Kommunikationswegen verbunden.

Bisher war der Markt für landwirtschaftliche Messtechnik nicht groß genug um von sich aus die Entwicklung von elektronischen Komponenten anzustoßen. Innovationen entstanden dadurch, dass das Potential von neuen elektronischen Komponenten für landwirtschaftliche Produktivgüter erkannt wurde. In der Entwicklung müssen immer die Ertragsfähigkeit und die Ansprüche an die Haltbarkeit des Zielmarkts im Fokus bleiben. Der Snobeffekt trägt bei der Vermarktung landwirtschaftlicher Produktivgüter weit weniger weit als oft erwartet wird.

4 Aussicht

Pessl Instruments GmbH hat das Ziel, dem landwirtschaftlichen Betrieb in naher Zukunft ein Datenabbild seiner Felder und Bestände zu geben. Was mit der Messung von Klimaparametern und der Berechnung von Pilzinfektionen anhand der erhobenen Daten begann, wurde in den vergangenen Jahren um die Abbildung der Bodenwasserdynamik erweitert. Dendrometer, Turgeszenzsensoren, NDVI Sensoren, Ultraschall Sensoren, Infrarot Sensoren und Kameras machen den Anfang bei der Betrachtung des Pflanzenbestands. Wir werden diese Daten mit geeigneten Simulationsmodellen zusammenführen und können so in Zukunft die gesamten Stoffkreisläufe auf dem Feld und dies auf jedem Standort weltweit abbilden und mithelfen, diese zu optimieren.

Die neuen Kommunikationsmittel LTE, wahrscheinlich kombiniert mit Wi-Fi Netzen und über kurze Entfernungen drahtlose Sensornetze werden dies ermöglichen. Die durch die Automobilindustrie vorangetriebene Entwicklung von Analog-Digital-Sensoren wird uns neue preiswerte Sensoren geben.

Ein Umweltwissenssystem zur semantischen Vernetzung forstwirtschaftlicher Datenquellen

Mareike Dornhöfer¹, Alexander Holland² und Madjid Fathi³

Abstract: Der Beitrag fokussiert den Einsatz von „Intelligenten Systemen“ zur Zusammenführung von Umweltinformationen durch die Verwendung von semantischen Technologien wie etwa Linked (Open) Data hin zu Umweltwissen. Dieses Umweltwissen kann in der Konsequenz z.B. zur Entscheidungsunterstützung der forstwirtschaftlichen Nachhaltigkeit durch die betroffenen Stakeholder verwendet werden. Die zugrunde liegende Forschungsfrage liegt darin, dass Umweltinformationen heute noch autark bzgl. Themen oder von Institutionen erfasst werden, aber eine Vernetzung und Anwendbarkeit im Sinne des Wissensmanagements noch wenig stattfindet. Dieses Wissen fehlt dementsprechend für die Erkennung von Umwelttrends oder in Entscheidungssituationen. Der Beitrag betrachtet die Frage, wie eine Zusammenführung und Vernetzung von unterschiedlichen Datenquellen mittels semantischer Technologien bzw. mittels Wissensmanagementverfahren stattfinden kann. Zur Abbildung des Anwendungsszenarios wird ein Vernetzungsszenario dargestellt. Es wird erläutert, welche Möglichkeiten bestehen, aus einem reinen Informationssystem ein Umweltwissenssystem zu etablieren, um letztendlich einen Aspekt eines Grünen Wissensmanagements umzusetzen. Das vorliegende Papier fokussiert aufgrund der begrenzten Seitenzahl die logische Schicht des Umweltwissenssystems.

Keywords: Semantische Technologien, Linked Data, Umweltwissenssystem, Green Knowledge Management, Grünes Wissensmanagement

1 Ausgangssituation

Umweltinformationen (UI) für eine größere öffentliche Zielgruppe werden zumeist in öffentlichen Umweltinformationssystemen (UIS), als Datensammlungen auf Webseiten oder als Web-Services zum kontinuierlichen ad-hoc Abruf aktueller Daten bereitgestellt. Zusätzlich ist die Veröffentlichung als Umweltbilanz über einen bestimmten Zeitraum oder thematischen Umweltbericht denkbar. An der Veröffentlichung von UI sind jedoch nicht nur öffentliche Stellen beteiligt, auch Unternehmen oder andere Organisationen beteiligen sich auf freiwilliger Basis, z.B. im Rahmen von Umweltmanagementverfahren wie ISO 14001 oder EMAS-III [Br10]. Betriebliche UIS zur Unterstützung des Umweltmanagements sind ebenso im Einsatz. Nachteil an den bereits aggregierten Berichten und Auswertungen (z.B. in pdf-Format) ist die schwierige Weiterverarbeitung oder Einbindung in andere Informationssammlungen. Um jedoch Zusammenhänge zwischen

¹Universität Siegen, Institut für Wissensbasierte Systeme & Wissensmanagement (WBS), Hölderlinstr. 3, 57068 Siegen, m.dornhoefer@uni-siegen.de

²Universität Siegen, Institut für WBS, Hölderlinstr. 3, 57068 Siegen, Alexander.Holland@uni-siegen.de

³ Universität Siegen, Institut für WBS, Hölderlinstr. 3, 57068 Siegen, fathi@informatik.uni-siegen.de

UI aus unterschiedlichen Quellen zu erstellen, ist genau dies notwendig. Nur durch eine Vernetzung und Etablierung eines kontextuellen Zusammenhangs kann es als angereichertes Umweltwissen (UW) in Entscheidungen Anwendung finden. Auf diese Weise wäre eine Organisation in der Lage Handlungspotentiale (z.B. hinsichtlich der eigenen Nachhaltigkeitsstrategie) abzuleiten. Ein semantisches Verfahren zur Verknüpfung ist Linked (Open) Data, welches Daten und Informationen aus unterschiedlichen Quellsystemen miteinander in Form von Graph-Strukturen in einem einheitlichen RDF (Resource Description Framework)-Format verbindet und Abfragen via SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) zulässt [EHR15]; zudem ist über Regeln das Auslösen von Aktionen möglich. LOD hat das inhärente Ziel, öffentlich verfügbare Datenquellen miteinander in Kontext zu setzen und so eine Erweiterung der Semantik im Internet zu schaffen. Geht man von einer unternehmensinternen Anwendung aus, so ist eine Veröffentlichung natürlich keine zwingende Vorgabe, sondern es können interne Daten mit öffentlich zur Verfügung gestellten LOD verknüpft und in eine eigene, interne Wissensbasis integriert werden [ABT14]. Das durch die Autoren bereits in einer vorherigen Veröffentlichung [DF15] vorgestellte Modell eines *Umweltwissenssystems (UmweltWiS)* basiert auf den zuvor genannten Technologien und ist Teil eines *Grünen Wissensmanagements (Green Knowledge Management)*. Es soll dabei im Kontext der Forstwirtschaft betrachtet werden, wobei im Speziellen auf den Aufbau der semantischen Logik eingegangen wird.

2 „Forstwirtschaftliches Umweltwissenssystem“

Das generische Konzept des UmweltWiS [DF15] bildet sich schematisch aus aufeinander aufbauenden Schichten, bestehend aus der (1) Datenhaltungsschicht, welche interne und externe Umweltquellen in unterschiedlichen Formaten einbindet, einer semantischen Logik (2), einer Schicht (3) zur Analyse und Anreicherung der Daten, und einer Anwendungsschicht (4) für Endnutzer und Wissensingenieure. Diese Schichten werden von entsprechenden Geschäftsprozessen umrahmt. Eine Anwendung des UmweltWiS im Bereich der Forstwirtschaft bietet den Anwendungsnutzen unterschiedliche Statistiken und Entwicklungen von Waldbeständen, Schädlingen oder Umwelteinflüssen in eine Wissensbasis zusammenzuführen, zu analysieren und daraus entscheidungsunterstützende Erkenntnisse zu erarbeiten. Als LOD Datenlieferanten sind öffentliche LOD Services wie die LOD Cloud⁴, aber auch Geo- oder Fachinformationssysteme, welche aufzubereitende Messdaten oder Statistiken enthalten, möglich. Abbildung 1 zeigt die schematische Darstellung des UmweltWiS für den skizzierten Anwendungsfall, wobei die im Folgenden diskutierte, semantische Repräsentationsschicht umrahmt hervorgehoben wird:

⁴ Linked Open Data Cloud, <http://lod-cloud.net/>

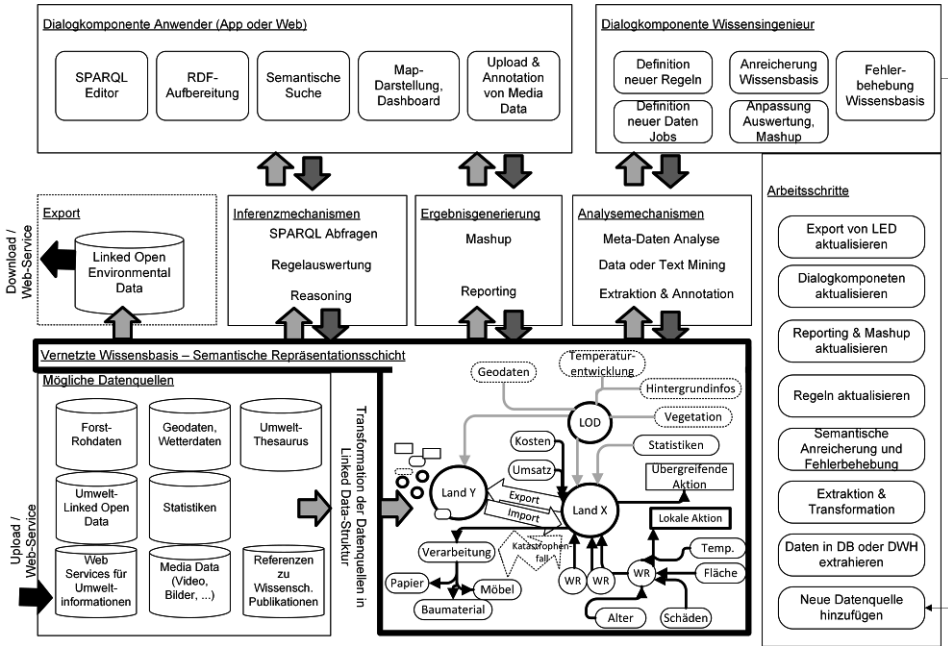


Abb. 1: Verknüpfung von semantischem Wissen im Anwendungskontext Forstwirtschaft

Betrachtet man diese Schicht eingehender, so werden ausgehend von einem hohen Abstraktionslevel auf Länderebene, alle weiteren Daten zugeordnet. Dies wird herunter gebrochen auf die einzelnen Waldregionen (WR), zu welchen der Baumbestand (inkl. Alter), Baumarten, die zugehörige Fläche, Wetterdaten zur Region, lokale Aktionen, wie etwa die Aufforstung einer bestimmten Baumart, Schädlingsbekämpfung, Durchforstung, etc. vernetzt wird. Die ermittelten Zahlen des Imports und Exports werden ebenfalls anhand anderer Quellen zugeordnet. Zusätzlich wird erfasst, für welche Anwendungszwecke das geschlagene Holz verarbeitet wurde, um direkte Abhängigkeiten zu erkennen und für Entscheidungen heranzuziehen. Interessant ist hierbei, Zusammenhänge zwischen Industriezweig und Baumart sowie Import und Export herauszuarbeiten. Hierzu ist die Einbindung von Statistiken oder anderen Hintergrundinformationen (z.B. Artenvielfalt) interessant. Durch die Zuordnung von Geodaten ergibt sich zudem die Möglichkeit der visuellen Aufbereitung in Form von interaktiven Wissenskarten. Anhand von Messreihen lassen sich zeitliche Veränderungen in den Baumbeständen oder deren Umfeld, z.B. durch Faktoren wie Erhöhung von Temperatur oder Niederschlag abbilden, ebenso wie Katastrophenfälle (z.B. Windbruch) und deren Auswirkungen. Mediendateien von Waldschäden lassen sich als interaktive Elemente in der Wissensbasis hinterlegen, um so direkten Bezug zwischen Vorfällen und daraus abgeleiteten Aktionen herzustellen. Durch eine Verlinkung zwischen verschiedenen Ländern, ist es zudem möglich weitergehende Verbindungen und Abhängigkeiten zu ermitteln.

Aufgrund der unterschiedlichen Strukturierung und Formate der Ausgangsquellen, ist eine direkte Vernetzung meist nicht möglich. Ege et al. [EHR15] sehen Herausforderungen bei der Interoperabilität, „*Redundanz, Konsistenz, Kohärenz, des Mappings*“ und der Vollständigkeit der Daten aus unterschiedlichen Quellen. Auer et al. beschreiben hierzu einen möglichen zyklischen Transformationsprozess, u.a. bestehend aus einer Klassifizierung, Qualitätsanalyse und Fehlerbehebung [ABT14]. Auch ist der zeitliche Bezug, z.B. in Form einer zyklischen oder ereignisbezogenen Zuordnung von neuen Daten zu betrachten. Der Vorteil der semantischen Vernetzung ist dabei eine modulare oder inkrementelle Entwicklung und hierdurch inhärent vorhandene Flexibilität der gewählten Wissensrepräsentationsform [PSA14]. Ebenso ist bei der Vernetzung das Recycling von bestehendem Wissen entscheidend, welches z.B. durch Referenzen auf dieselben Individuen in unterschiedlichen Inputquellen realisiert wird. Mittels Regeln lassen sich letztendlich weitergehende Auswertungen oder Aktionen ermöglichen, z.B. IF Baumart = Douglasie AND Boden = Trocken THEN Schaden [Zuwachsschwäche, Radialrisse] oder IF Boden = Trocken AND Schaden = Windbruch THEN Pflanzen [Douglasie], Die Datenhaltung und Anwendungsoberfläche sind zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Beitrags prototypisch vorhanden, die nächsten Schritte bestehen in der Fertigstellung der Logik auf Basis der vorhandenen Datenquellen und der zugehörigen Reasoning-Abfragen und Regeln und deren interaktiven Visualisierung auf der Oberfläche.

Literaturverzeichnis

- [ABT14] Auer, S., Bryl, V., Tramp, S. (Hrsg.): *Linked Open Data - Creating Knowledge Out of Interlinked Data*, LNCS 8661, Springer, Heidelberg, 2014.
- [Br10] Brauweiler, J.: *Umweltmanagementsysteme nach ISO 14001 und EMAS*. In: Kramer, M. (Hrsg.) *Integratives Umweltmanagement*, Gabler, Wiesbaden, S. 279-320, 2010.
- [DF15] Dornhöfer, M; Fathi, M: *UmweltWiS: Von Umweltinformationssystemen zu „Umweltwissenssystemen“?* In: Umweltbundesamt (Hrsg.) *Umweltinformationssysteme – Big Data – Open Data – Data Variety*, Ergebnisse des 22. Workshops des Arbeitskreises „Umweltinformationssysteme“, 07-08 Mai 2015, Kassel, ISSN 2199-6571, S. 127-139, 2015, <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltinformationssysteme-5>
- [EHR15] Ege, B.; Humm, B.; Reibold, A. (Hrsg.): *Corporate Semantic Web - Wie semantische Anwendungen in Unternehmen Nutzen stiften*, Springer Vieweg, Berlin, 2015.
- [PSA14] Pellegrini, T., Sack, H., Auer, S. (Hrsg): *Linked Enterprise Data. Management und Bewirtschaftung vernetzter Unternehmensdaten mit Semantic Web*. Springer Verlag, X.media.press, Berlin Heidelberg, 2014.

Ausgewählte Datenschutzfragen bei Precision Agriculture

Klaus Gennen¹

Abstract: Im Rahmen der Nutzung aktueller land- oder forstwirtschaftlicher Fahrzeuge und Geräte fallen Daten verschiedenster Art an, die erhoben, verarbeitet und/oder – von verschiedenen Beteiligten – genutzt werden. Solche Daten geben direkt oder indirekt Auskünfte über die Leistungen des Geräts. Naturgemäß sind sie auch für die Hersteller/Händler der Geräte interessant. Es bestehen wenig Zweifel daran, dass es sich hierbei – mindestens z.T. – um personenbezogene Daten i.S.d. § 3 Abs. 1 BDSG („pBD“) handelt. Der Beitrag gibt einen Überblick über das in Bezug auf Precision Agriculture/Farming/Forestry geltende Datenschutzrecht und stellt die aus Sicht der an Beteiligten wesentlichen datenschutzrechtlichen Fragen und mögliche Antworten hierauf vor.

Keywords: Precision Agriculture/Farming/Forestry, Datenschutz in der Landwirtschaft

1 Einleitung

Nutzfahrzeuge und sonstige Geräte sind mit Sensoren und Analysegeräten ausgestattet, die Informationen liefern, die Aufschluss z.B. über die definierte Bodenbeschaffenheit ermöglichen, aus denen sich weiter Gehendes ableiten lässt, z.B. der Umfang einer notwendigen Düngung oder auch die Abrechnung eines Lohnunternehmers gegenüber dem Auftraggeber. Die Fahrzeuge/Geräte zeichnen insb. GPS-Daten oder sonstige Standortdaten auf. Die Daten geben in erster Linie Auskunft über die Leistungen des Fahrzeuges und/oder die Beschaffenheit des zu bearbeitenden Guts, sie sind von Interesse für Landwirt/Lohnunternehmer und Hersteller/Händler-/Wartungsorganisation.

2 Datenschutzrechtliche Grundlagen

Nach § 4 Abs. 1 BDSG ist die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung von pBD nur zulässig, soweit das BDSG oder eine andere Rechtsvorschrift dies erlaubt oder anordnet oder der Betroffene eingewilligt hat (sog. Verbot mit Erlaubnisvorbehalt).

pBD sind Einzelangaben über persönliche und sachliche Verhältnisse einer bestimmten oder bestimmbarer Person („Betroffener“). „Bestimmt“ sind Angaben, wenn sie sich auf den Betroffenen beziehen und einen unmittelbaren Rückschluss zulassen (z.B. Vor-, Nachnamen, postalische Anschrift). Es genügt bereits Bestimmbarkeit, was nach h.M. vorliegt, wenn die sog. verantwortliche Stelle (§ 3 Abs. 7 BDSG, i.d.R. die datenerhebende Stelle, je nach dogmatischem Ansatz Landwirt, Arbeitgeber oder Hersteller) ohne

¹ Prof. Klaus Gennen, Fachanwalt für IT-Recht und Datenschutzbeauftragter (GDDcert.), Partner der Kanzlei LLR (www.llr.de) und Hochschullehrer an der TH Köln.

unverhältnismäßigen Aufwand selbst den Bezug zum Betroffenen herstellen kann.

Die Standortinformation eines Arbeitnehmers, der für den Arbeitgeber landwirtschaftliches Gerät bedient, lässt sich zunächst auf den Standort des Geräts zu einem bestimmten Zeitpunkt beziehen. Daher ist fraglich, ob diese Daten einem Beschäftigten jedenfalls mittelbar zugeordnet werden können. Dem Arbeitgeber ist aus arbeitsorganisatorischen Gründen die Information bekannt, wer das Gerät zu welchem Zeitpunkt benutzt, so dass der Arbeitnehmer „bestimmbar“ wird und die Möglichkeit besteht, ein Bewegungsprofil zu erstellen (ähnlich: LG Lüneburg v. 28.3.2011 – 26 Qs 45/11) bzw. Beginn, Verlauf und Ende der Arbeitsphase dem Arbeitnehmer zuzuordnen. Sofern Maschinen unter Eingabe eines den individuellen Bediener identifizierenden Codes bedient werden, gibt es eine unmittelbare Rückschlussmöglichkeit auf die Person. Es können auch pbD vorliegen, wenn der Landwirt selbst oder ein Familienmitglied das Fahrzeug führt.

Der Begriff des pbD ist unabhängig davon, ob ein Arbeitsverhältnis oder freies Mitarbeiterverhältnis vorliegt. Keine Datenschutzfrage steht im Raum, solange die pbD eines Landwirts ausschließlich bei ihm selbst verbleiben und nicht an einen Dritten (z.B. Hersteller) übermittelt werden.

Der Betroffene kann grds. in jeden Umgang mit seinen pbD einwilligen (§§ 4, 4a BDSG), was - unter Beachtung der gesetzl. Anforderungen - Ausfluss des informationellen Selbstbestimmungsrechts ist. Die praktische Relevanz der Einwilligung mag, auch ungeachtet der rechtlichen Voraussetzungen an die wirksame Einwilligung, gering ausfallen. Sie dürfte deshalb i.d.R. nur als Rechtfertigung zum Einsatz kommen, wenn nicht schon ein gesetzlicher Tatbestand den Umgang mit den pbD erlaubt.

3 Gesetzliche Rechtfertigung

Gleichrangig neben der Einwilligung steht, mangels spezialgesetzlicher Regelungen, ein Rechtfertigungstatbestand aus dem BDSG, soweit dieser den Datenumgang erlaubt. Nachfolgend werden zwei Fälle kursorisch beleuchtet, nämlich das Verhältnis Arbeitnehmer - Arbeitgeber (Ziff. 3.1) und Arbeitnehmer - Hersteller/Händler (Ziff. 3.2).

3.1 Verhältnis Arbeitnehmer – Arbeitgeber als Eigentümer der Fahrzeuge

§ 32 BDSG regelt die Erhebung/Verarbeitung/Nutzung von pbD für Zwecke des Beschäftigungsverhältnisses, wenn dies (verkürzt) für dessen Durchführung erforderlich ist. Wird z.B. die GPS-gestützte Ortung während der Arbeitszeit eingesetzt, erfolgt dies für Zwecke des Beschäftigungsverhältnisses. Der Arbeitgeber ist zwar grds. berechtigt, die Einhaltung der Arbeitszeit zu kontrollieren. Erforderlich sind die Datenerhebungen aber nur, wenn kein weniger in die Persönlichkeitsrechte des Beschäftigten eingreifendes Mittel zur Verfügung steht. Soweit es dem Arbeitgeber lediglich um die Einhaltung von Arbeits- und Pausenzeiten geht, wäre die Verwendung eines die Standortdaten nicht auf-

nehmenden Fahrtenschreibers das mildere und gleich effektive Mittel, so dass die Rechtfertigung wohl nicht auf diesen Tatbestand gestützt werden kann. Zudem ist denkbar, dass die Rechtsprechung, die eine lückenlose Kontrolle des Verhaltens des Arbeitnehmers im Arbeitsverhältnis untersagt, heranzuziehen ist (vgl. zur unterbrechungslosen Videoüberwachung u.a. BAG v. 28.8.2008 – 1 ABR 16/07).

Umstritten, im Ergebnis aber zu bejahen ist, ob neben § 32 BDSG der Rückgriff auf § 28 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 BDSG im Beschäftigungsverhältnis erlaubt ist [Si14]. Werden pBd eines Beschäftigten für andere Zwecke als für die Durchführung des Beschäftigungsverhältnisses, aber für die Erfüllung eigener Geschäftszwecke des Arbeitgebers, erhoben, verarbeitet oder genutzt, kommt daher als Legitimation eine Interessenabwägung in Betracht.

Als berechtigtes Interesse der verantwortlichen Stelle kommt grds. jeder von der Rechtsordnung gebilligte Zweck in Betracht, d.h. sowohl rein wirtschaftliche als auch ideelle Erwägungen [GS15]. Der Einsatz der o. a. Technik trägt entscheidend dazu bei, dass eine bedarfsgerechte, differenzierte Bewirtschaftung, einschließlich einer aussagekräftigen und zuordenbaren Bewertung der jeweiligen (Teil-)Fläche vollzogen werden kann. Dies kann technisch gesehen nur durch die Nutzung bestimmter Technologien, insbesondere präziser Standortdaten, erfolgen. Die Ermittlung über den Standort des Arbeitnehmers erfolgt dabei zufällig und ist für den Arbeitgeber, der ein Interesse an der Optimierung der Nutzfläche hat, von geringer Bedeutung. Erhebliche Bedeutung können die auf den einzelnen Arbeitnehmer bezogenen Daten allenfalls dann erlangen, wenn sie bei einem Lohnunternehmen für Abrechnungszwecke im Verhältnis zum Kunden/Landwirt benutzt werden, die Vergütung sich also nach Zeiteinheiten richtet und nicht z.B. nach Fläche. Im Vordergrund steht daher jedenfalls ein anerkanntes wirtschaftliches Interesse.

Fraglich ist, ob dem die Persönlichkeitsrechte des Beschäftigten entgegenstehen. Das Interesse des Beschäftigten muss dasjenige der verantwortlichen Stelle jedoch überwiegen, wenn die Datenverarbeitung unzulässig sein soll. Das drängt sich hier jedenfalls nicht auf, zumal der Beschäftigte sich im Zeitraum der Aufzeichnungen der (GPS-)Daten im Rahmen seiner beruflichen Tätigkeit auf einer dem Arbeitgeber ohnehin bekannten und – mag sie noch so groß sein – begrenzten Nutzfläche befindet und die Nutzung des Fahrzeuges zu privaten Zwecken unzulässig ist. Mildere, jedoch gleich effektive Mittel, lassen sich nicht ernsthaft diskutieren. Der Abruf von GPS-Daten und Zeitangaben zu den hier beschriebenen Zwecken ist damit datenschutzrechtlich über § 28 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 BDSG mit einiger Wahrscheinlichkeit zu rechtfertigen, auch wenn der Unterschied zur Bewertung nach § 32 BDSG nicht von der Hand zu weisen ist.

3.2 Verhältnis Arbeitnehmer/Landwirt – Hersteller/Händler

Mit der Möglichkeit, die Systeme des Grundfahrzeuges (z.B. Schleppers) mit zusätzlichen Geräten zu verbinden oder über das System des Fahrzeuges auf Dienstleistungsplattformen (internetbasierte Datenportale) zugreifen zu können, fördern Hersteller der

Schlepper/Zusatzgeräte/Software die Verbindung mit Eigen- bzw. Fremdzubehör. Oft sehen auch die Grundfahrzeuge selbst die Möglichkeit der Datenübermittlung an den Hersteller oder an die Wartungsorganisation vor. Solche Systeme ermöglichen beispielsweise dem Hersteller/Händler mittels Teleservice eine Erstanalyse zu (Fern-)Wartungszwecken. Rein technische Daten, wie z.B. Öldruck des Fahrzeuges oder Bodenzustand der Nutzfläche, werden dabei für sich genommen keine datenschutzrechtliche Bedeutung haben [Ge15].

Der Landwirt bzw. das Lohnunternehmen erwirbt das Fahrzeug i.d.R. vom Hersteller bzw. Händler, der grds. keine Kenntnis davon hat, wer das Fahrzeug tatsächlich nutzt, so dass es jedenfalls dann am Personenbezug fehlt, wenn der Verwender des Fahrzeuges seinen Personenbezug – wie auch immer geartet – nicht offenlegt und auch aus technischen Gründen nicht offenlegen muss. Sobald jedoch ein Personenbezug aber für den Hersteller/Händler offenbar wird, stellen sich wiederum Fragen der Rechtfertigung über § 28 Abs. 1 S. 2 Nrn. 1 und 2 BDSG. Alternativ dazu ist eine Vereinbarung nach § 11 BDSG zu schließen.

4 Handlungsempfehlungen

Bereits bei der Planung o. a. Systeme oder deren Weiterentwicklungen (z.B. Drohneinsatz) ist an den Datenschutz zu denken, z.B. in technischer Hinsicht auf der Systemseite, wobei bestimmte Arten von Daten wie z.B. Benutzer-ID von vornherein (also vor der Übermittlung an einen Dritten, der nicht der Bediener des Geräts ist und auch nicht der Arbeitgeber des Bedieners) anonymisiert/pseudonymisiert erhoben, verarbeitet oder jedenfalls genutzt werden sollten (Stichwort: Datensparsamkeit § 3a BDSG, Privacy by Design oder Privacy by Default), um der datenschutzrechtliche Bedeutung zu entgehen oder dem betroffenen Beschäftigten ist selbst die Möglichkeit zu gewähren, die Systeme nach Bedarf zu aktivieren/deaktivieren. Unternehmen sollten auch relevante Sicherheitsrisiken vermeiden, was insb. die Datenübertragung und –speicherung betrifft. Im Hinblick hierauf fordert das Gesetz ohnehin in § 9 BDSG nebst Anlage zu treffende technische und organisatorische Maßnahmen, etwa durch Verwendung von dem Stand der Technik entsprechenden Verschlüsselungsverfahren.

Literaturverzeichnis

- [Ge15] Gennen, K.: Vertragsgestaltung bei Connected Car-Lösungen, Recht der Datenverarbeitung (RDV) 2015, 74-81.
- [GS15] Gola, P.; Schomerus, R.: BDSG, 12. Aufl. 2015, § 28 Rn. 24.
- [Si14] Simitis: Bundesdatenschutzgesetz, 8. Aufl. 2014, § 32 Rn. 17.

Nutzenanalyse des online basierten Pflanzenschutz-Informationssystems PsIGa

Simon Goisser¹, Gabriele Jorias¹, Thomas Lohrer¹, Christian Sieweke¹, Thomas Hannus¹ und Georg Ohmayer¹

Abstract: Das System PsIGa dient der Verbesserung der Beratungsqualität an der Pflanzenschutztheke im Gartencenter. Zur Optimierung wurde das System bereits während einer Testphase innerhalb der Projektlaufzeit laufend angepasst, um den Anforderungen in der täglichen Beratungspraxis gerecht zu werden. Dazu wurde der zusätzliche Bedarf an Informationen und Funktionen vom Gartencenterpersonal erfragt und das System diesbezüglich erweitert.

Keywords: Pflanzenschutz, Informationssystem, PsIGa, Nutzenanalyse, Gartencenter

1 Einführung

Im Rahmen des vom BLE² geförderten Forschungsprojekts zur Erstellung eines Pflanzenschutz Informations- und Beratungssystems für Gartencenter (kurz: PsIGa) wurde von 2013 bis 2016 an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf in Kooperation mit 24 Gartencentern ein online nutzbares Beratungs-Tool zur Verbesserung der Pflanzenschutzberatung im Gartencenter entwickelt. In einer Datenbank, die derzeit ca. 400 Krankheiten und Schädlinge umfasst, wird das Beratungspersonal bei der Diagnose von Schaderregern an Nutz- und Zierpflanzen mittels Text- und Bildinformation unterstützt [Go15].

Die Darstellung der Schaderreger erfolgt in Form von Steckbriefen, welche neben Hinweisen zur Symptomatik und Biologie auch Maßnahmen zur Bekämpfung und Vorbeugung enthalten. Auf Basis der Zulassungs-Datenbank des BVL³ wird der aktuelle Zulassungsstand der Pflanzenschutzmittel für die jeweiligen Schaderreger angezeigt. Zusätzliche wichtige Informationen bezüglich der Zulassung werden in einer anwenderfreundlichen Darstellung präsentiert (z.B. Wirkstoff, Bienengefährlichkeit, Anwendungsbe- reich).

Bei Unklarheiten zur Schadursache kann das Personal der am Projekt beteiligten Garten- center Pflanzenproben an die Fachgruppe Pflanzenschutz der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf senden. Nach der Untersuchung im Labor wird der jeweilige Berater über das Ergebnis der Diagnose informiert, welcher wiederum die entsprechende Pflanzen-

¹ Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Am Staudengarten 10, 85350 Freising, simon.goisser@hswt.de

² Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

³ Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit

schutz-Empfehlung an den Kunden weitergeben kann.

PsIGa ist darüber hinaus auch als Web 2.0-Anwendung konzipiert. So sollen in das Informationssystem auch die Erfahrungen der Privatgärtner einfließen. Im Anschluss an die Beratung im Gartencenter erhalten Interessenten die Möglichkeit, ihr Feedback zur Beratung und zum Bekämpfungserfolg in eine Online Falldatenbank einzutragen. Aus diesen Ergebnissen lassen sich, über einen längeren Zeitraum gesehen, Rückschlüsse auf in der gärtnerischen Praxis erfolgreiche und bewährte Bekämpfungsstrategien ziehen.

Die am Projekt beteiligten Gartencenter konnten bereits während der noch laufenden Projektzeit erste Inhalte und Funktionen des Systems erproben. Während dieser Testphase wurden alle 24 am Projekt beteiligten Gartencenter von Projektmitarbeitern besucht und das System auf Funktionalität, Verständlichkeit und Praxistauglichkeit überprüft. Bis zum Ende der Projektlaufzeit im März 2016 werden alle im Projektantrag geplanten Inhalte des Systems realisiert und fertiggestellt. Darüber hinaus wurden auch Funktionen im System implementiert, die so von Beginn an nicht geplant waren, sich jedoch in den Gesprächen mit den Gartencentermitarbeitern als wichtig für die Verbesserung des Nutzens in der Beratungspraxis herausstellten.

2 Nutzenanalyse wichtiger Systeminhalte

Um den Nutzen verschiedener Systeminhalte beurteilen zu können, ist es im ersten Schritt wichtig, den Informationsbedarf zu ermitteln, den Gartencenter-Mitarbeiter zur Durchführung einer erfolgreichen Beratung benötigen. Der Begriff des Informationsbedarfs kann hierbei in die Begriffe "objektiver" und "subjektiver Informationsbedarf" unterteilt werden [PRW03]. Als objektiver Informationsbedarf wird die Information aus der Sicht der zu lösenden Aufgabe beschrieben. Der subjektive Informationsbedarf beinhaltet im vorliegenden Fall diejenigen Informationen, welche vom Gartencenter-Personal zur Durchführung der verbesserten Pflanzenschutzberatung bisher als relevant empfunden und entsprechend in der Projektentwicklungsphase erfasst wurden. Der objektive Informationsbedarf beschreibt in Abgrenzung dazu den Informationsbedarf, der für die Anwendung im Beratungsprozess mit dem Informationssystem PsIGa tatsächlich objektiv nötig ist.

Neben dieser Diskrepanz von subjektivem und objektivem Informationsbedarf werden in der Literatur je nach Theorie weitere Kriterien angeführt, die über den Erfolg und die damit verbundene Nutzung eines Informationssystems entscheiden. Das Modell von DeLone und McLean zum Erfolg von Informationssystemen geht davon aus, dass zunächst drei Merkmale eines Systems für dessen Benutzung ausschlaggebend sind: So führen eine verbesserte **Informationsqualität** in Kombination mit einer verbesserten **Qualität des Systems** sowie der **Qualität der Bereitstellung des Systems** zu einem verstärkten Wunsch der Nutzung eines solchen Informationssystems. Zudem wird die damit verbundene Zufriedenheit beeinflusst [DM03]. Durch eine Steigerung dieser beiden sich gegenseitig bestärkenden Faktoren der Nutzung und Nutzungszufriedenheit

kann der Gesamtnutzen des Systems erhöht werden.

3 Möglichkeiten zur Verbesserung des Informationssystems

In den Gesprächen mit dem Beratungspersonal kristallisierten sich verschiedene Aspekte heraus, deren Verbesserung zu einer Steigerung der Effizienz und somit zur Verbesserung der **Qualität der Informationen** in PsIGa beitragen. Durch die Implementierung von Filterfunktionen während des Suchvorgangs sowie neuartiger und angepasster Suchmasken konnte die Effizienz bei der Informationssuche gesteigert werden. Auch die Einführung einer Übersichtstabelle zur schnellen Erfassung von statistischen Auftretenshäufigkeiten erhöhte die Effizienz. Zudem kann hiermit auch zukünftig die Genauigkeit der dargebotenen Systeminformationen verbessert werden. Durch die Einführung einer Kommentarfunktion können sich die Berater an der Theke nun zu Schaderregern austauschen, zu denen nach geltendem Pflanzenschutzrecht keine Pflanzenschutzmittel zugelassen sind. Hierdurch wird ebenfalls die Genauigkeit und Effizienz des Systems gesteigert. Eine Optimierung des Systems in diesen beiden Funktionen wird als besonders wichtig für die Akzeptanz durch das Gartencenterpersonal erachtet, da nur durch genaue und effizient arbeitende Prozesse eine reibungslose und möglichst wenig zeitintensive Beratung in der Praxis realisiert werden kann.

Die **Qualität des Systems** wurde von allen Beteiligten als sehr gut beurteilt. Durch die Darstellung der Schaderreger mit Hilfe übersichtlicher Texte und anschaulicher Fotos profitieren nicht nur die Berater bei der Diagnose, es können zudem auch die Kunden in den Diagnoseprozess mit integriert werden. Auch die Darstellung der zugelassenen Pflanzenschutzmittel in Form anpassungsfähiger Tabellen wurde als sehr hilfreich in Bezug auf den täglichen Einsatz an der Pflanzenschutztheke empfunden.

Kriterium	Notwendigkeit der Verbesserung	Verbesserung
Qualität der Information	++	- Filterfunktion - Erweiterte Suchfunktion - Übersichtsstatistik
Qualität des Systems	0	- Anpassung der Pflanzenschutzmitteldarstellung
Service-Qualität	+	- Exemplarische Pflanzenschutztheke

Tabelle 1: Übersicht der Dimensionen des Informationssystems PsIGa und den implementierten Verbesserungen

Bezüglich der Bereitstellung der Informationen im Sinne der **Service-Qualität** wurden in Rücksprache mit dem Beratungspersonal noch einige Probleme aufgedeckt. So ist es in einigen Gartencentern auf Grund technischer Probleme aktuell noch nicht möglich,

das Informationssystem PsIGa reibungslos an der Pflanzenschutztheke in Betrieb zu nehmen. Diese Probleme sind durch die IT vor Ort bedingt und liegen außerhalb des Einflussbereichs des Projektteams. Hinzu kommt, dass der Aufbau der Pflanzenschutztheke vor Ort in den meisten Fällen keine kundenfreundliche und interaktive Beratung ermöglicht. Durch diese Hindernisse wird die Bereitschaft, das System im Alltag zu nutzen, deutlich gebremst. Eine Behebung dieser Probleme wird demzufolge zu einer deutlichen Nutzensteigerung führen. In diesem Sinn wurde zu Demonstrationszwecken eine exemplarische Pflanzenschutztheke entworfen, die durch die Ausstattung mit Anschauungsmaterial und professionellen Geräten die Service-Qualität des Informationssystems erhöht und somit eine weitere Nutzensteigerung erreicht.

4 Fazit

Um den Nutzen für das Beratungspersonal zu optimieren ist es wichtig, das Informationsangebot des Systems PsIGa möglichst genau auf den Informationsbedarf der täglichen Beratungspraxis anzupassen. Erst durch die Erprobung des Systems im betrieblichen Alltag an der Pflanzenschutztheke konnte das Gartencenterpersonal den wirklich nötigen Informationsbedarf benennen. Durch die Untersuchung des bereits in Betrieb genommenen Systems und die damit verbundene Ermittlung und Umsetzung von Verbesserungsmöglichkeiten konnten so deutlich nutzensteigernde Veränderungen vorgenommen werden. Diese Vorgehensweise auf Basis von Prototyping [Bo88], in der einzelne Phasen der Entwicklung (Analyse, Entwurf, Implementierung, Einführung, Testlauf) in aufeinander folgenden Zyklen wiederholt werden, eignet sich besonders für Systeme, in denen vorab nicht alle Eigenschaften fest definiert werden können. Im Fall von PsIGa sollten auch in Zukunft Verbesserungen möglichst frühzeitig durch benutzbare Prototypen in das System integriert werden, um durch die Evaluierung der Praxistauglichkeit der Anpassungen den Nutzen für das Beratungspersonal stetig zu verbessern.

Literaturverzeichnis

- [Bo88] Boehm, B.W.: A spiral model of software development and enhancement. *Computer*, 21(5), 1988, S. 61-72
- [DM03] DeLone, W.H.; McLean, E.R.: The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update. *Journal of Management Information Systems* 19(04), S. 9-30, 2003
- [Go15] Goisser, S. et. al.: Verbesserung der Pflanzenschutz-Beratung im Gartencenter durch das Informationssystem PsIGa. In: *Referate der 35. GIL-Jahrestagung*, LNI 238, Format-Verlag, Bonn, S. 53-56, 2015
- [PRW03] Picot, A.; Reichwald, R.; Wigand, R.: *Die grenzenlose Unternehmung*. Gabler, Wiesbaden, 2003

Auswirkungen eines Systemausfalls in automatisierten Melksystemen auf das Tierwohl

Anja Gräff¹, Barbara Misthilger¹, Renate Luise Dörfler¹ und Heinz Bernhardt¹

Abstract: Precision livestock farming hat in vielen Bereichen der Milchwirtschaft intensiv Einzug gehalten. Das Ziel der Untersuchung war, die Reaktionen von Milchkühen auf einen simulierten Stromausfall des AMS zu überprüfen. Hierzu wurden in zwei Milchviehherden Videoaufzeichnungen zum Verhalten durchgeführt. Die Häufigkeiten von gezeigten Verhaltensweisen stiegen in der Testmessung gegenüber der Basalmessung bei nur zwei Parametern signifikant an. Die anderen Parameter wiesen lediglich eine steigende Tendenz auf. Daraus lässt sich schließen, dass die Kühe durchaus mit kurzzeitigen Energieengpässen im AMS zurechtkommen, ohne eine deutliche Verhaltensänderung zu zeigen.

Keywords: AMS, Systemausfall, Precision Livestock Farming, Tierwohl

1 Einleitung und Zielstellung

In Deutschland nimmt der Einsatz nicht nur von Melkrobotern deutlich zu, es ist generell ein starker Trend in Richtung Automatisierung im gesamten Stallmanagement zu erkennen. Neue Milchviehställe werden fast ausschließlich mit automatischen Melk-, Entmischungs-, Fütterungs- und Einstreusystemen ausgestattet, herkömmliche Ställe werden sukzessive nachgerüstet [Fr14]. Derzeit liegt die Anzahl der Betriebe, die in Bayern mit automatischen Melksystemen (AMS) arbeiten, bei aktuell ca. 1.200 Betrieben [SK14]. Soll der Strom für die zunehmende Automatisierung vorwiegend durch regenerative Energien bereitgestellt werden, so muss mit Spannungs-unregelmäßigkeiten gerechnet werden und es kann zu kurzzeitigen Stromausfällen bei Melksystemen kommen. Besonders betroffen sind hiervon die Milchkühlung und das AMS, da diese eine ganztägige Stromversorgung benötigen. Treten tatsächlich kurzzeitige Unregelmäßigkeiten im Energieversorgungsnetz auf, wie reagieren die Tiere darauf? Das Ziel dieser Arbeit im Rahmen des Projektes „Stall 4.0“ [Ho15] besteht darin, mögliche Belastungsreaktionen von Milchkühen beim energiebedingten Ausfall von Melkrobotern zu quantifizieren. Mit Hilfe von Verhaltensanalysen wurde untersucht, wie die Tiere auf einen simulierten Stromausfall reagieren und ob dadurch Belastungsreaktionen (Stress) hervorgerufen werden. Da es sich um Versuche auf Praxisbetrieben handelte, wurde die Zeit des simulierten Stromausfalls auf zwei bis vier Stunden begrenzt, um den jeweiligen Betrieben keine wirtschaftlichen Verluste zu bereiten.

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising, agrarsystemtechnik@wzw.tum.de

2 Material und Methoden

In diesem Versuch sollen mögliche Belastungsreaktionen bei Milchkühen durch einen zeitweilig energiebedingten AMS-Ausfall quantifiziert werden. Dabei wurden u.a. die Herzaktivität und das Stresshormon Cortisol gemessen, die hier nicht näher betrachtet werden.

Der Versuch wurde auf zwei unterschiedlichen Betrieben zwischen dem 17. März 2014 und dem 16. April 2014 durchgeführt, bei denen je zwölf Milchkühe zufällig zur Untersuchung ausgewählt wurden. Sechs Tage vor Datenaufnahme wurde den Tieren die Brustgurte zur Messung der Herzaktivität angelegt, damit sie sich daran gewöhnen konnten. Der Zeitraum der Datenerfassung erstreckte sich je Betrieb über zwei Wochen hinweg. Auf jedem Betrieb wurde eine Basalmessung über drei Tage und eine Testmessung über vier Tage durchgeführt. Die Basalmessung erfasste den Zustand der Tiere ohne den Einfluss eines energiebedingten Ausfalls des AMS.

Für die Testmessung wurde über den Zeitraum von zwei bis vier Stunden tierindividuell je ein Stromausfall simuliert (Blockzeit), während dessen die Fokuskühe, obwohl sie normalerweise Melkanrecht gehabt hätten, keinen Zugang zum AMS erhielten. Am zweiten Testtag wurde die Melkanrechtssperrung auf vier Stunden ausgeweitet, um die Wahrscheinlichkeit einer AMS-Abweisung zu erhöhen. An beiden darauffolgenden Testtagen wurde die Blockzeit, ebenfalls tierindividuell, auf zwei bis maximal vier Stunden festgelegt, um die Euterbelastung nicht zu hoch werden zu lassen. Allerdings mussten bereits am zweiten Testtag die Testmessungen teilweise auf 2,5 Stunden reduziert werden, da die Herden zunehmend unruhiger wurden.

Bei dem ersten Versuchsbetrieb (B1) handelte es sich um einen umgebauten Liegeboxenlaufstall (Vollspalten, Tiefstreubuchten) mit 64 Milchkühen der Rasse Fleckvieh. Gemolken wurde mit einem Lely Astronaut A3. Die Grundfuttermittellieferung erfolgte bis zu sechsmal am Tag über ein automatisches Futterband. Der zweite Versuchsbetrieb (B2), ein Aussenklimastall (Vollspalten, Hochboxen mit Gummiauflage, Auslauf mit Liegeboxen im Freien) verwendete einen Lely T4C, um 81 Fleckvieh-Kühe zu melken. Die Grundfuttermittellieferung erfolgte zweimal am Tag über einen Futtermischwagen. In beiden Betrieben erfolgte eine automatische Kuh-Identifizierung und eine damit verbundene tierindividuelle Kraft- und Lockfuttermittelabgabe im AMS. Die Reinigung der Spalten erfolgte in beiden Betrieben durch einen Spaltenroboter.

Die Fokuskühe befanden sich in den in Tab. 1 aufgeführten Laktationsstadien.

Laktationsstadium	1	2	3	4	5	6	7
B1	3	2	4	2	--	--	1
B2	3	4	3	--	1	1	--

Tab. 1: Laktationsstadien Fokuskühe

Das Verhalten der Tiere wurde per Videotechnik aufgezeichnet. Im Stall B1 zeichneten 10 Videokameras (mit Infrarotscheinwerfern) das Verhalten der Tiere um den Bereich des Melkroboters und des Futtertisches auf; im Stall B2 waren es 7 Kameras.

Für die Auswertung der Videoaufnahmen wurde eine Tabelle mit 28 Verhaltensparametern erstellt. Statistisch ausgewertet wurden die beobachteten Häufigkeiten mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests. Die Dauer einzelner Parameter wurde mit Hilfe des Wilcoxon-Paardifferenztest ausgewertet.

3 Ergebnisse

Es konnte ermittelt werden, dass die Verhaltensweisen in der Testmessung tendenziell öfter auftraten als in der Basalmessung. Die meisten Beobachtungen konnten im Bereich des Ausdrucksverhaltens, gefolgt vom agonistischen Verhalten und der Lokomotion festgestellt werden.

In der Kategorie Ausdrucksverhalten zeigten sich in der Häufigkeit der ermittelten Verhaltensweisen „Schnelle Kopfbewegungen“, „Gesenkte Kopfhaltung“, „Hin und her tippeln“ und „Bein anheben“ Veränderungen zw. Basal- und Testmessung (Abb. 1).

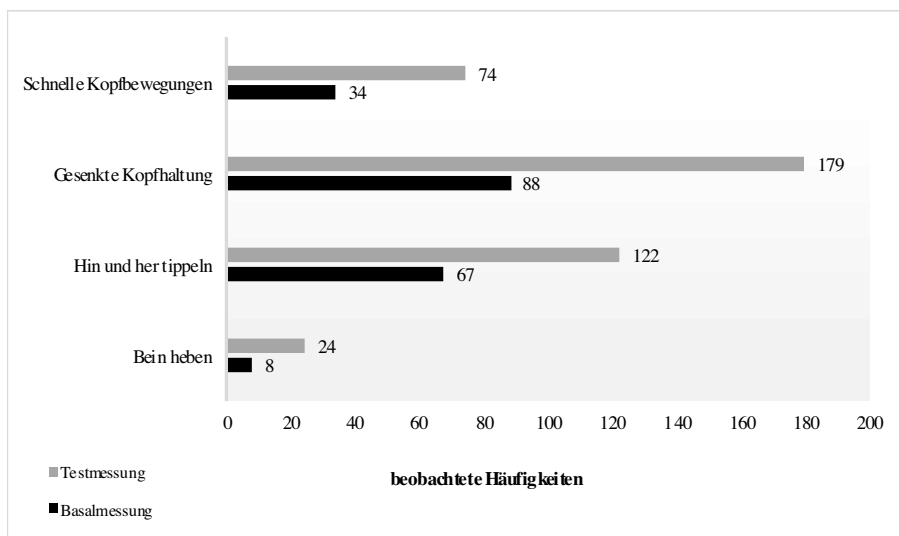


Abb. 1: Parameter des Ausdrucksverhaltens mit beobachteter Häufigkeit in Basal- u. Testmessung

Bei jedem Parameter stieg die Häufigkeit in der Testmessung gegenüber der Basalmessung an; besonders hoch (Zunahme von 50 %) war die Zunahme bei „Gesenkter Kopfhaltung“. Der Parameter „Schnelle Kopfbewegung“ stieg zwischen Basal- und Testmessung um 55 %, „Bein heben“ um 67 % und „Hin und her tippeln“ um 46 % an. Jedoch

deutete keiner der beim Chi-Test ermittelten p-Werte auf eine Signifikanz dieser Parameter hin. Bei den Parametern der Dauer wurden bei der statistischen Auswertung keine signifikanten Unterschiede zw. Basalmessung und Testmessung festgestellt.

4 Diskussion

Dauer und besonders die absoluten Häufigkeiten bestimmter Verhaltensweisen stiegen bei einem simulierten Stromausfall deutlich an. Dies könnte v.a. auf die unterschiedlichen Kuhbesatzdichten in den beiden Betrieben, den Rangstellungen der jeweiligen Kühe und auf die unterschiedlich gestalteten Wartebereiche zurückzuführen sein [Bo00], [Ho02], [Gy07]. Die gewonnen Erkenntnisse aus dem Versuch zeigen zwar, dass Kühe durchaus über einen gewissen Zeitraum ohne Melkungen im Melkroboter zurechtkommen, ohne direkt Stress zu empfinden. Dennoch muss berücksichtigt werden, dass der Versuch über einen relativ kurzen Zeitraum in zwei Betrieben stattfand und deshalb nur einen vorläufigen Erkenntnisstand über diese Thematik aufzeigt. In Zukunft besteht hier noch weiterer Forschungsbedarf, um die gewonnen Erkenntnisse aus dieser Verhaltensbeobachtung zu bekräftigen und erweitern zu können. Derzeit wird weiteres Datenmaterial zu dieser Thematik ausgewertet.

Literaturverzeichnis

- [Bo00] Borell, E. v.: Mechanismen der Bewältigung von Stress. Arch. Tierz., Dummerstorf 43, 5: 441-450, 2000. [Fr14] Frerichs, L. (ed.): Yearbook Agricultural Engineering 2014. Braunschweig: Institute of Mobile, 2014
- [Ho15] Höld, M., Bernhardt, H., Gräff, A., Stumpfenhausen, J.: Grundlagenerarbeitung zur Implementierung eines On-Farm Energie Management Systems im Milchviehstall, GIL Jahrestagung, 73-76, 2015.
- [Ho02] Hopster, H.; Bruckmaier, R.M.; Van der Werf, J.T.N.; Korte, S.M.; Macuhova, J.; Korte, Bouws G. und van Reenen, C.G.: Stress Responses during Milking; Comparing Conventional and Automatic Milking in Primiparous Dairy Cows; J. Dairy Sci.85; 3206-3216, 2002.
- [Gy07] Gygas, L.; Neuffer, I.; Kaufmann, C.; Hauser, R. und Wechsler, B.: Restlessness behaviour, heart rate and heart-rate variability of dairy cows milked in two types of automatic milking systems and auto-tandem milking parlours; Appl. Anim. Behav. Sci. 109: 167-179, 2007.
- [SK14] Sprengel, D.; Korndörfer, R.: Eigene Stärken und Schwächen erkennen. Betriebsvergleich für AMS-Betriebe frei geschaltet. In: LKV-Journal 1/14, S.20. In: LKV Journal - Das Magazin für Tierhalter in Bayern (1), S. 20. URL: http://www.lkv.bayern.de/lkv/medien/lkvJournal/LKV_Journal_1401.pdf (Stand 25.02.2015), 2014.

Qualitätsüberwachung und Automatisierung in der Einzelkornsaat

Valentin Gresch¹, Martin Heinold², Martin Kremmer³ und Christian Waibel⁴

Abstract: Diese Arbeit beschreibt ein ganzheitliches Qualitätssystem für die Einzelkornsaat. Alle agronomisch relevanten Qualitätsparameter werden hierbei prozesstechnisch mittels Sensorik überwacht. Zusätzlich sorgen Automatisierungslösungen für eine konstante Tiefenführung, eine exakte Vereinzelnung sowie eine Optimierung des Standraums. In Kombination mit einem Vorgehendemanagementsystem wird die Einzelkornsaat umfassend automatisiert. Der Fahrer kann sich auf die Prozessüberwachung konzentrieren. Das entwickelte Qualitätssystem wurde auf der achtreihigen ExactEmergeTM Sämaschine 1725NT umgesetzt und evaluiert.

Keywords: Einzelkornsaat, Qualitätssystem, Prozessüberwachung, Automatisierung

1 Zielsetzung

In den letzten Jahren hat in der Einzelkornsaat ein Trend zu höheren Flächenleistungen durch gesteigerte Aussaatgeschwindigkeit eingesetzt. Damit steigen die Anforderungen an Vereinzelnungsgeschwindigkeit, Saatgutablage sowie Tiefenführung des Säaggregats. Auch nimmt, insbesondere bei kleinen Schlägen, die Anzahl der Wendevorgänge pro Zeit und somit die Belastung des Fahrers zu. Zielsetzung der hier vorgestellten Entwicklungsarbeit war es, ein System zu schaffen, welches durch weitgehende Automatisierung der Einzelkornsaat sowie durch eine lückenlose Überwachung der Prozesskette die Arbeitsqualität auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten sicherstellt.

2 Sensorbasierte Prozessüberwachung

Bei der Einzelkornsaat handelt es sich um einen mehrstufigen Prozess zur Vereinzelnung und Ablage von Saatgut in eine Furche. Abbildung 1 zeigt die einzelnen Prozessschritte sowie die relevanten Prozessgrößen. Das entwickelte Qualitätssicherungssystem umfasst die benötigte Sensorik sowie die notwendige Hardware- und Softwarearchitektur um eine vollständige Überwachung des Prozessablaufes zu gewährleisten.

¹ John Deere GmbH & Co. KG, Straßburger Allee 3, 67657 Kaiserslautern, GreschValentin@JohnDeere.com

² John Deere GmbH & Co. KG, John-Deere-Straße 70, 68163 Mannheim, HeinoldMartin@JohnDeere.com

³ John Deere GmbH & Co. KG, Straßburger Allee 3, 67657 Kaiserslautern, KremmerMartin@JohnDeere.com

⁴ John Deere GmbH & Co. KG, Straßburger Allee 3, 67657 Kaiserslautern, WaibelChristian@JohnDeere.com

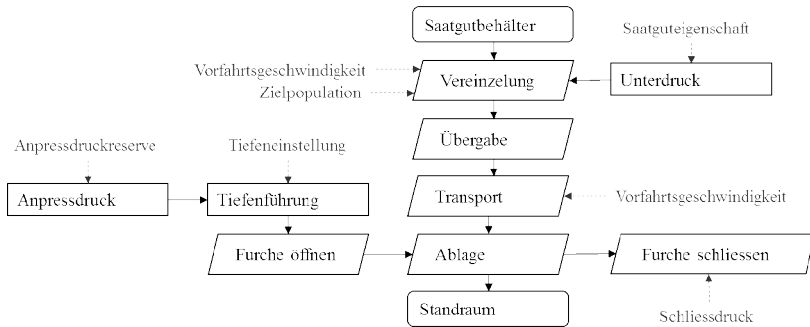


Abb. 1: Prozessschritte und -parameter der Einzelkornsaat

2.1 Sensorik

Über einen Radarsensor wird die Vorfahrtsgeschwindigkeit als wichtiger Prozessparameter erfasst. Die Zielpopulation wird durch den Benutzer über ein Display vorgegeben. Drucksensoren messen den Unterdruck für den Vereinzelungsmechanismus. Nach der Übergabe des Saatguts von dem Vereinzelungsmechanismus an das Transportsystem, im vorliegenden Fall ein Bürstenband, wird mittels reflektivem Sensor das Saatgut erfasst. Dadurch wird die Arbeitsqualität des Vereinzelungsmechanismus überprüft. Eventuelle Fehlstellen, Doppelstellen sowie Variation im Saatgutabstand werden erkannt. Da der Transport des Saatguts über ein Bürstenband erfolgt, ändert sich der relative Abstand der einzelnen Saatkörner zwischen Sensor und Furche nicht. Auch wird die Geschwindigkeit dieses Transportbandes der Vorfahrtsgeschwindigkeit der Säeinheit angepasst. Durch diese Adaption der Transportgeschwindigkeit wird die horizontale Relativgeschwindigkeit zwischen Saatgut und Boden bei Austritt aus dem Bürstenband eliminiert und die Ablage in die Furche erfolgt präzise. Zur prozesstechnischen Gewährleistung einer definierten Ablagetiefe wird der Anpressdruck des Säaggregats über einen pneumatischen Balgzylinder geregelt (vgl. Kapitel 3.1).

2.2 Systemarchitektur

Ein auf der Säeinheit angebrachtes Steuergerät erfasst und verarbeitet die in Kapitel 2.1 beschriebenen Sensorsignale. Das Steuergerät beinhaltet zusätzlich die Leistungselektronik für die beiden Elektromotoren welche den Vereinzelungsmechanismus bzw. das Bürstenband antreiben. Die Steuergeräte der Säaggregate sind über einen privaten Bus mit einer zentralen Steuereinheit verbunden. Diese ist über den ISOBUS mit dem Zugfahrzeug gekoppelt. Alle Einstellungen und Steuerbefehle des Bedieners werden via ISOBUS an die Sämaschine kommuniziert. Ebenfalls werden die Prozessparameter zur Qualitätsüberwachung an eine Bedienerschnittstelle in der Traktorkabine (z.B.: John Deere 2630 Display) übertragen. Hochauflösende Sensorsignale werden zur Überwachung und Dokumentation des Aussaatprozesses über einen Gateway an ein sich in der

Fahrerkabine befindendes Tablet übertragen. Eine App (SeedStar™ Mobile) visualisiert die Daten und dient gleichzeitig als Schnittstelle zur Cloud.

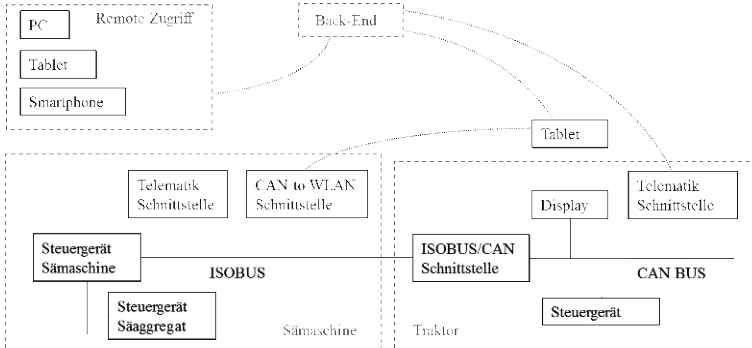


Abb. 2: Systemarchitektur des Systems zur Qualitätsüberwachung

Somit wurde ein System geschaffen, welches die vollständige Prozessüberwachung der Einzelkornsaat aus der Kabine ermöglicht. Dabei werden die zur Steuerung und Regelung notwendigen Signale sowie alle relevanten Qualitätsparameter durch die ISOBUS Kommunikationsstruktur übermittelt. Die Integration eines Tablet Computers mit WLAN und Mobilfunktechnologie ergänzt die bisherige Infrastruktur auf der Maschine zur erweiterten Prozessüberwachung und Dokumentation.

3 Prozessunterstützung durch Automatisierung

3.1 Aktive Anpressdruckregelung und Unterdruckautomatisierung

Viele Teilprozesse der Aussaat lassen sich durch Automatisierungslösungen optimieren. Dabei wird sowohl der Fahrer entlastet als auch die Prozessqualität erhöht. Um bei hohen Arbeitsgeschwindigkeiten eine konstante Tiefenablage zu gewährleisten ist ein aktives Anpressdruckregelsystem unabdingbar. Durch inhomogene Bodenbeschaffenheit ändern sich insbesondere die Kräfte, welche notwendig sind um Düngerschar und Furchenöffner in eingestellter Tiefe durch den Boden zu bewegen. Auf der 1725NT Sämaschine wurde deshalb eine aktive Regelung über pneumatische Balgzylinder realisiert. Dabei wird die vom Bediener vorgegebene Anpressdruckreserve automatisch eingestellt und bei Bedarf der pneumatische Druck nachgeregelt.

Die Vereinzelung geschieht bei der 1725NT Sämaschine mittels Unterdruck. Dabei ist es wichtig, einen definierten Unterdruck konstant aufrecht zu halten. Bei der entwickelten Automatisierungslösung regelt das Steuergerät der Sämaschine den hydraulischen Durchfluss seitens Traktor. Damit wird über einen hydraulisch betriebenen Lüfter auf der Sämaschine ein konstanter Unterdruck für die Vereinzelung ermöglicht.

3.2 Kurvenkompensation zur Standraumoptimierung

Eine weitere Neuentwicklung ist die Kurvenkompensation der Saatgutpopulation. Das Erreichen der Zielpopulation in jeder Reihe ist wichtig, um der Pflanze den optimalen Standraum zu gewährleisten und das volle Ertragspotenzial ausnutzen zu können. Bei gekrümmten Bahnen ist dies mit herkömmlichen Einzelkornsämaschinen nicht möglich. Dabei entsteht eine Abweichung zwischen vorgegebenem und tatsächlichem Saatgutabstand. Durch die entwickelte Kurvenkompensation wird die oben beschriebene Abweichung eliminiert. Mittels Drehratensensor wird die Drehbewegung der Sämaschine erfasst. Basierend auf den individuellen Vorfahrtsgeschwindigkeiten werden von den Steuereinheiten der Säaggregate die Geschwindigkeiten für Vereinzelmehrschrittmechanismus und Bürstenband jeder einzelnen Reiheneinheit berechnet und geregelt. Somit wird eine gleichmäßige Aussaat in Kurvenfahrten ermöglicht.

4 Schlussfolgerung und Diskussion

Um die Arbeitsqualität von Einzelkornsämaschinen bezüglich aller agronomisch relevanten Parameter zu überwachen ist eine umfangreiche Instrumentierung des Arbeitsgeräts notwendig. In dem diskutierten Qualitätsmanagementsystem werden die Sensorsignale auf unterschiedlichen, sich jedoch ergänzenden Ebenen verarbeitet und übertragen. Die Grundlage bildet dabei die bekannte Infrastruktur aus privaten CAN Bussen auf Traktor und Anbaugerät sowie dem ISOBUS als Schnittstelle zwischen Traktor und Sämaschine. Diese Architektur wird ergänzt durch die drahtlose Kommunikation zwischen Sämaschine und Traktor mittels Gateway und Tablet Computer. Es genügt jedoch nicht, sich auf die reine Instrumentierung und Anzeige der erfassten Qualitätsparameter zu beschränken. Um dem Bediener die Möglichkeit zu geben, sich auf die Qualitätsüberwachung zu konzentrieren, ist eine umfangreiche Automatisierung einzelner Arbeitsschritte notwendig. Hierzu tragen die hier erwähnten Automatisierungslösungen Anpressdruckregelung, Unterdruckautomatisierung und Kurvenkompensation wesentlich bei. Ebenfalls von Bedeutung ist die Automatisierung von Arbeitsschritten am Vorgebende, welche durch Vorgebende-Managementsysteme (z.B. John Deere iTECTM Pro) realisiert wird.

Literaturverzeichnis

- [BR01] Braunhardt, K. et al.: Precise Planting of Corn in North America – Technical Advancements and Agronomic Benefit. In (DLG-Verlag) VDI/MEG-Tagung Landtechnik für Profis, S. 83-93, 2015.
- [KR01] Kremmer, M.; Gresch, V.; Braunhardt, K.: ExactEmergeTM – Integrated High Performance Corn Planting Solution. In (VDI Verlag) Land.Technik AgEng 2015, S. 147-152, 2015.

Critical mass measurement models for startups from agricultural business

Anna Gubanova¹

Abstract: The aim of this paper is to give an overview of the existing agent simulation models for measurement of the critical mass and its categorization.

Keywords: startups, critical mass, agricultural business.

1. Introduction

Today the term „startup” is used to describe young companies (less than 10 years), which focused on innovation and are growth oriented [GSA+14]. Innovations are always connected with high level of uncertainty which increases risk of failure. That is why the biggest problem which any startup, including startups from agricultural business, faces is a risk to fail. According to the different statistical sources only 2 to 3 startups out of 10 achieve [Oc12] a critical mass and survive on the market and become successful.

2. Definition of critical mass and categorization of its measurement models

In the economics term “critical mass” got popular due to the studies about the diffusion of innovations. There it was defined as “the minimal number of adopters of an interactive innovation for the further rate of adoption to be self-sustaining”[MR99]. To achieve critical mass several thresholds should be overcome. One of the thresholds is on the micro-level. This is an agent level and each agent has a certain personal threshold that determines a decision to adopt or not a new technology. On the meso-level communication between the neighborhood agents influence the decision to adopt. The macro-level represents a whole network. The structure of a network creates conditions for achievement of a threshold, particularly such parameters as a number of connections between the nodes, existence of hubs and type of the connection between the agents [K+12]. Bass model is a commonly used model for calculation of the innovation diffusion and it was one of the first models which included a contagious process [K+12]. The model consists out of two coefficients: innovators and interpersonal communication [MMB95].

The model was very simple and did not include such aspects as customer heterogeneity ,

¹ Hochschule Hannover, anna.gubanova@hs-hannover.de

competition and imitation effects beyond word of mouth and needed a market data for calculation of a take-off moment [K+12]. Agent based models allow creating heterogeneous agents and different network structures. In the literature review of the last decade it is possible to determine four main categories of agent simulation models based on the Bass model. [K+12] For this categorization will be used a micro-level threshold. This level of decision making is the most difficult as it captures behavior of each agent. First category represents models which took into consideration only external factors influencing diffusion of innovations such as word of mouth, advertising, or imitational behavior of neighbors. (see Fig.1) In other three categories decision-making process has two components. One of the components is estimation of internal factors. These factors are based on individual perception of each innovation. Another component is external information about an innovation. Main difference in the following categories is in the internal component. Price percolation is a second category where internal component is based on the private estimation of the quality of innovation and reservation price, which an agent is ready to pay for it. In the utility category internal component is measured as benefits which could be not monetary and quality estimation of innovation. The rules of the last group for decision making based on the costs of using a new innovation and its profitability. On the contrary, to the price percolation where measurement of internal component is independent of the competition in the last group costs and profits of innovation are compared with existing technologies.

External influence	①	Innovators coefficient and imitation coefficient [MMB95] Internal influence of word of mouth and external influence of media and advertising [GLS08]	Word of mouth and exposure threshold [AC05] External information and word of mouth [TK08]	Word of mouth and at least one neighbor who adopted innovation [DJJ07] More than 15% of personal network adopted a technology and influence of opinion leader [VD99]	Word of mouth and preferential attachment [Be11] Threshold fraction Φ of neighbors adopted innovation [Wa02]
	External and internal influence	②	Price falls beyond the personal price reservation and one neighbor adopted the innovation[CS09] Collection of information and valuation exceeds or equals reservation price [HPS08] Social influence and brand characteristics [S+10]	③	④
Price percolation		Individual preference and social influence [EJL11] The individual receptiveness to external influence and utility coefficient [De02] Quality estimation and individual preference and coefficient of external influence [D+10] Minimal need [JJ01] Proportion of adopters adopted certain innovation and utility difference [LO14]	Utility	Normal distribution for benefit coefficient and probability of understanding and using external information [DHA05] "Bandwagon" assessment and innovation's profitability [AR97] Cost reduction [KK08] Benefits are higher than perceived costs [WD07] Fixed costs and the profit differential per acre [EP07]	Profitability

Fig.1 Innovation adoption rules on the agent level of different models

One of the biggest disadvantages of these models is that all coefficients were normally ranged from 0 to 1, for example for quality preferences, or individual estimations. To receive empirical data those coefficients should be operationalized. That is going to be next step in this research.

References

- [AC05] Alkemade, F., Castaldi, C.: Strategies for the Diffusion of Innovations on Social Networks, *Computational Economics*, Vol. 4, Issue 1, p. 3–23, 2005
- [AR97] Abrahamson, E., Rosenkopf, L.: Social network effects on the extent of innovation diffusion: a computer simulation, *Organization Science*, Vol. 8, Issue 3, p. 289–309, 1997
- [Be11] Belvaoux, B.: The development of social media: proposal for a diffusion model incorporation network externalities in a competitive environment, *Recherche et Application en Marketing*, Vol. 26, Issue 3, p. 7–22, 2011
- [CS09] Cantono, S., Silverberg, G.: A percolation model of eco-innovation diffusion: The relationship between diffusion, learning economies and subsidies, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 76, Issue 4, p. 487–496, 2009
- [D+10] Delre, S. A., Jager, W., Bijmolt, T. H.A., Janssen, M. A.: Will it Spread or not? The effects of social influences and network topology on innovation diffusion, Vol. 27, Issue 2, p. 267–282, 2010
- [De02] Deroian, F.: Formation of social networks and diffusion of innovations, *Research Policy*, Vol. 31, p. 835–846, 2002
- [DHA05] Deffuant, G., Huet, S., Amblard, F.: An Individual-based model of innovation diffusion mixing social value and individual benefit, *American Journal of Sociology*, Vol. 110, Issue 4, p. 1041–1069, 2005
- [DJJ07] Delre, S. A., Jager, W., Janssen, M. A.: Diffusion dynamics in small-world networks with heterogeneous consumers, *Computational mathematical organization theory*, Vol. 13, p. 185–202, 2007.
- [EJL11] van Eck, P. S., Jager, W., Leeflang, P. S.H.: Opinion leaders' role in innovation Diffusion: a simulation study, *Product Innovation Management*, Vol. 28, Issue 2, p. 187–203, 2011
- [EP07] Evenson, R., Pingali, P.: *Handbook of Agricultural Economics*, Elsevier Science & Technology 2007
- [GBK14] German Startup Association, The Berlin School of Economics and Law and KPMG: German Startup Monitor, 2014 http://deutscherstartupmonitor.de/fileadmin/dsm/dsm-14/DSM_English_2014.pdf
- [GLS08] Goldenberg, J., Lowengart, O., Shapira, D.: Zooming In: Self-Emergence of Movements in New Product Growth, *Marketing Science*, Vol. 28, Issue 2, p. 274–292, 2008
- [HPS08] Hohnisch, M., Pittnauer, S., Stauffer, D.: A percolation-based model explaining delayed takeoff in new-product diffusion, *Industrial and Corporate*

- Change, Vol. 17, Issue 5, p. 1001–1017, 2008
- [JJ01] Janssen, M. A., Jager, W.: Fashions, habits and changing preferences: Simulation of psychological factors affecting market dynamics, Vol.22. p. 745–772, 2001
- [K+12] Kiesling, E., Günter, M., Stummer, C., Wakolbinger: Agent-based simulation of innovation diffusion: a review, Central European Journal of Operations Research, Vol. 20, Issue 2, p.183-230, 2012.
- [KK08] Kocsis, G., Kun, F.: The effect of network topologies on the spreading of technological developments, Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, P10,014, p. 2-13, 2008
- [LO14] Laciana, C. E.; Oteiza-Aguirre, N.: An agent based multi-optional model for the diffusion of innovations, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Vol. 394, p. 254–265, 2014
- [MMB95] Mahajan, V.; Muller, E.; Bass, F. M.: Diffusion of new products: empirical generalizations and managerial uses, Marketing Science, Vol. 14, Issue 3, p. 79–88, 1995.
- [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 Vol. 23, Issue 10-11, 1999, p. 720.
- [Oc12] O’Connell, V. The Venture Capital Secret: 3 Out of 4 Start-Ups Fail, The Wall Street Journal , 2012
- [S+10] Schramm, M. E., Trainor, K. J., Shanker, M., Hu, M. Y.: An agent-based diffusion model with consumer and brand agents, Decision Support Systems, Vol. 50, Issue 1, p. 234–242, 2010
- [TK08] Thiriot, S., Kant, J.-D.: Using associative networks to represent adopters’ beliefs in a multiagent model of innovation diffusion, Advances in Complex Systems, Vol. 11. Issue 2, p. 261–272, 2008
- [VD99] Valente, T. W., Davis, R. L.: Acceleration the diffusion of innovations using opinion leaders, The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science, Vol.566, Issue 1, p. 55–67, 1999
- [Wa02] Watts, D. J.: A Simple Model of Global Cascades on Random Networks, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 99, Issue 9, p. 5766–5771, 2002
- [WD07] Watts, D. J., Dodds, P.S.: Influentials, Networks, and Public Opinion Formation, Journal of Consumer Research, Vol.34, Issue 4, p. 441–458, 2007

Abschätzung des Kraftstoff-Einsparpotentials in der Infield-Logistik bei der Ernte von Biomasse

Valentin Heizinger¹, Michael Mederle¹, Stefan Huber¹ und Heinz Bernhardt¹

Abstract: Für Transportaufgaben in der Landwirtschaft werden oft vielgliedrige Prozessketten eingesetzt, deren optimales Management eine große Herausforderung darstellt. Moderne Maschinen stellen zahlreiche Prozessinformationen zur Verfügung, die wichtige Erkenntnisse über vorhandenes Optimierungspotential liefern können. Exemplarisch wird für Häckselketten untersucht, wie unter Verwendung einer standardisierten CAN-Datenschnittstelle Kraftstoff-Einsparpotentiale in der Infield-Logistik abgeschätzt werden können.

Keywords: Agrarlogistik, Datenanalyse, Kraftstoffeinsparung

1 Einleitung

Effektive Ernteprozessketten zeichnen sich durch einen geringen Anteil an Standzeiten der Einzelfahrzeuge und eine hohe Produktivität bei gleichzeitig minimalem Ressourceneinsatz aus. In diesem Zusammenhang gilt es, den Verbrauch von Kraftstoff als Hauptbetriebsstoff der eingesetzten Maschinen so gering wie möglich zu halten. Neben der ständigen Weiterentwicklung der Einzelmaschinen, vor allem seitens der Hersteller, besteht auch die Möglichkeit, den Kraftstoffverbrauch innerhalb einer Prozesskette über die Organisation der Systeme zu optimieren. Dies kann beispielsweise über die Wahl eines geeigneten Maschinenkonzepts für den Straßentransport von Agrargütern erfolgen oder die Variation von Bereifung und Geschwindigkeit [Gö11], [Me15]. Eine weitere Optimierungsmöglichkeit besteht in einer konsequenten Vermeidung unnötiger Fahrten. Diese Fahrten entstehen, sowohl auf Straßen als auch innerhalb eines Schrages, vor allem dann, wenn Fahrern Informationen über Zielorte oder Füllstände von beteiligten Maschinen fehlen. Die Potentiale zur Einsparung von Kraftstoff, die durch ein optimiertes Management der Infield-Logistik genutzt werden können, sollen hier exemplarisch für Häckselketten abgeschätzt werden.

2 Methodik

Für die Untersuchungen werden zwei Szenarien potentiell vermeidbarer Fahrten fokussiert, die in Logistikketten für Häckselgut innerhalb eines Schrages häufig beobachtet werden: Erreicht ein unbeladenes Transportfahrzeug den Feldhäcksler zu einem Zeit-

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising, agrarsystemtechnik@wzw.tum.de

punkt, an dem die vorhergehende Transporteinheit noch beladen wird, kommt es oft zu einem langsamen Hinterherfahren in Arbeitsgeschwindigkeit. Bei großen Schlägen oder unübersichtlichem Gelände kann es dagegen vorkommen, dass der Fahrer einer ankommenden Transporteinheit die Position der Erntemaschine nicht kennt und mit relativ hoher Geschwindigkeit auf nicht immer optimalem Weg die gewünschte Position anfährt. Um die Einsparpotentiale der genannten Szenarien quantifizieren zu können, werden auf Versuchsfeldern der TU München im Herbst 2015 gezielte Messfahrten durchgeführt. Die Tests erfolgen auf kurz davor abgeernteten Maisfeldern, damit vergleichbare Bedingungen zur Silomaiserte in der Praxis vorliegen. Als Versuchsmaschine kommt ein Traktor mit einer Leistung von 121 kW in Kombination mit einem unbeladenen Muldenkipper mit 21 t zulässigem Gesamtgewicht zum Einsatz. Langsames Hinterherfahren wird durch Versuchsfahrten mit 6 und 8 km/h nachgebildet, schnelle Fahrten auf dem Schlag durch Varianten mit 15 und 20 km/h. Die angegebenen Geschwindigkeiten werden im Terminal der Versuchsmaschine eingegeben und über den Tempomat ausgewählt, um Einflüsse durch den Fahrer möglichst gering zu halten. Alle Varianten werden auf zwei verschiedenen Rundkursen innerhalb eines Schlages mit jeweils zwei Wiederholungen durchgeführt. Bei den 20 km/h - Varianten müssen aufgrund von Bodenunebenheiten die Messfahrten am Vorgewende unterbrochen werden.

Für die Erhebung der Messdaten wird ein modulares Echtzeitmesssystem verwendet. Über eine CAN-Schnittstelle können Maschinendaten, insbesondere der Kraftstoffverbrauch, aufgezeichnet werden. Zeitgleich dazu erfolgt die Georeferenzierung der Daten über ein seriell verbundenes RTK-DGPS-System mit einer Positionsaktualisierungsrate von 5 Hz. Der Wert für den aktuellen Kraftstoffverbrauch wird mit etwa 10 Hz ausgegeben. Die Verwendung von CAN-Daten zur Ermittlung von Kraftstoffverbräuchen in Versuchsanordnungen wird in [UUV11] als geeignete Methode ausgewiesen. In jeder CAN-Botschaft ist ein Identifier enthalten, wodurch die Werte in den Datenfeldern bestimmten Inhalten zugeordnet werden können. Die Datenfelder bestehen aus acht Bytes, die hexadezimale Messwerte beinhalten. Bedeutung der Identifier, zu betrachtenden Bytes sowie Umrechnungsfaktoren sind in Normen bzw. Protokollen festgelegt. Nach Protokoll J1939 wird die Information über den aktuellen Kraftstoffverbrauch in zwei Bytes ausgegeben und kann mit Hilfe des Skalierungsfaktors 0,05 l/h je Bit in eine physikalische Größe umgerechnet werden [FM15].

Über die Georeferenzierung können die Messwerte zum momentanen Kraftstoffverbrauch mit der Steigung des Geländes in Bezug gebracht werden. Die Steigung in einem Punkt wird berechnet, indem auf der Strecke ein Punkt 5 m vor und ein Punkt 5 m nach dem Betrachtungspunkt ausgewählt werden. Die horizontale Distanz kann über Differenzbildung unter Verwendung einer Gauß-Krüger-Transformation ermittelt werden. Die Höhendifferenz lässt sich aus den Satellitenpositionsdaten direkt bestimmen. Mit der Beziehung, dass 1 cm Höhendifferenz pro Meter 1 % Steigung entspricht, kann jedem Messpunkt auch eine prozentuale Steigung zugeordnet werden. Weiterhin kann aus dem zeitbezogenen Momentanverbrauch und der Fahrgeschwindigkeit ein streckenbezogener Verbrauch errechnet werden. Die Aufzeichnungen der jeweiligen Messfahrten beginnen und enden bei Stillstand der Maschine. Um Standzeiten und Effekte beim Anfahren und

Stehenbleiben weitestgehend zu eliminieren, werden bei den Ergebnisauswertungen nur die Messwerte betrachtet, die die Geschwindigkeit der jeweiligen Variante zu mindestens 66 % erreichen.

3 Ergebnisse

Die Versuchsvarianten werden in dieser Versuchsanordnung durch die Wahl der angestrebten Fahrgeschwindigkeit definiert. Innerhalb einer Variante ändert sich insbesondere die Steigung der Fahrstrecke stark. Daher werden die in den aufbereiteten Messdaten enthaltenen Informationen zum Kraftstoffverbrauch in Relation zur Steigung betrachtet. Über eine polynomiale Regression zweiten Grades werden Einzeldaten in Funktionsverläufe überführt. Das Bestimmtheitsmaß der Regression liegt bei den Varianten mit 6 km/h Fahrgeschwindigkeit bei 0,95 (zeitbezogen) bzw. 0,93 (streckenbezogen), nimmt mit höher werdenden Geschwindigkeiten ab und erreicht für die 20 km/h - Varianten Werte von 0,78 bzw. 0,74. Abbildung 1 enthält sowohl die zeitbezogenen Versuchsergebnisse (links) in der Einheit l/h, als auch die streckenbezogenen Resultate (rechts) in der Einheit l/km.

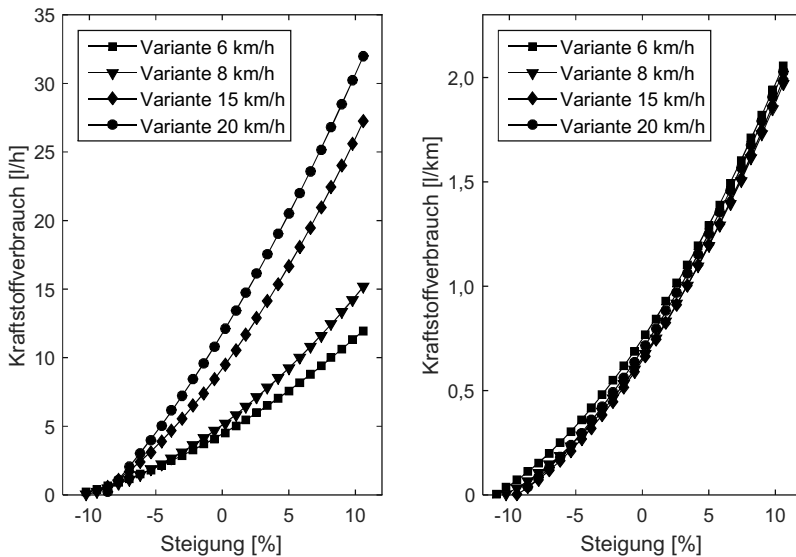


Abb. 2: Zeit- und streckenbezogener Kraftstoffverbrauch der Versuchsfahrten für die unterschiedlichen Geschwindigkeitsvarianten in Abhängigkeit der Steigung der Fahrstrecke

Sowohl bei den zeitbezogenen als auch bei den streckenbezogenen Auswertungen ist eine deutliche Zunahme des Kraftstoffverbrauchs bei größer werdender Steigung der Fahrstrecke erkennbar. Diese Tendenz gilt auch für negative Steigungen. Während beim

zeitbezogenen Verbrauch Unterschiede zwischen den Geschwindigkeitsvarianten ersichtlich sind, unterscheiden sich die Funktionsverläufe der Kurven für den streckenbezogenen Verbrauch kaum. Einsparpotentiale, die sich aus der Vermeidung von Fahrstrecken innerhalb eines Schrages ergeben, können unter den gegebenen Versuchsanordnungen somit näherungsweise unabhängig von der gewählten Fahrgeschwindigkeit angegeben werden. Beispielsweise können für die verwendete Traktor-Anhänger-Kombination bei ebener Fahrstrecke ca. 0,7 l Kraftstoff je vermeidbarem Kilometer Fahrstrecke eingespart werden.

4 Diskussion und Ausblick

In den Versuchsfahrten erweist sich die gewählte Methodik als sehr gut geeignet, um mit vergleichsweise wenig messtechnischem Aufwand eine Vielzahl von Messdaten zu erhalten und dadurch bestimmte Fragestellungen in Zusammenhang mit dem Einsatz von Landmaschinen zu untersuchen. Die Vorgehensweise, sämtliche Informationen des Fahrzeug-Buses als Rohdaten zu speichern, ermöglicht es auch im Nachhinein, bestimmte Zusatzfragestellungen im Datensatz zu untersuchen. Hier könnte z.B. die Information über die Motordrehzahl in weitere Auswertungen einfließen. Allerdings entstehen auf diese Weise bei längeren Versuchsfahrten sehr große Datenmengen. Um die Optimierungspotentiale bezüglich des Kraftstoffverbrauchs in der Infield-Logistik für Einzelmaschinen vollständig abschätzen zu können, müssen neben den hier betrachteten Fahrten mit konstanter Geschwindigkeitsvorwahl in weiteren Untersuchungen auch Beschleunigungseffekte untersucht werden. Für allgemeine Aussagen müssen unterschiedliche Maschinen unter variierenden Bedingungen bei verschiedenen Beladungszuständen getestet werden. Durch moderne Ansätze in der Infield-Logistik wie eine automatische Fahrspurplanung oder die bestmögliche Platzierung von Überladepunkten können die hier exemplarisch dargestellten Potentiale künftig verstärkt genutzt werden.

Literaturverzeichnis

- [FM15] FMS 20, <http://www.intendia.com/en/digital-tacographs/technical/fms-20>, 16.11.2015.
- [Gö11] Götz, S.; Holzer, J.; Winkler, J.; Bernhardt, H.; Engelhardt, D.: Agrarlogistik – Systemvergleich von Transportkonzepten der Getreidelogistik. Landtechnik 66/5, S. 381 – 386, 2011.
- [Me15] Mederle, M.; Urban, A.; Fischer, H.; Hufnagel, U.; Bernhardt, H.: Optimierungspotenzial eines Standardtraktors im Straßentransport. Landtechnik 70/5, S. 194 – 202, 2015.
- [UUV11] Udompetaikul, V.; Upadhyaya, S.; Vannucci, B.: The Effect of Tire Inflation Pressure on Fuel Consumption of an Agricultural Tractor Operating on Paved Roads. Transactions of the ASABE 54/1, S. 25-30.

Entwicklung eines datenbankbasierten Tools zur vorausschauenden Finanz- und Erfolgsplanung von Milchviehbetrieben

Stephan Höhl¹

Abstract: Strukturwandel und geänderte Rahmenbedingungen auf dem Milchmarkt machen innerbetriebliches Risikomanagement zu einem entscheidenden Faktor der Wettbewerbsfähigkeit. Vorausschauende strategische Finanzplanung wird damit zu einer wichtigen Kompetenz des innerbetrieblichen Managements. Hierzu wird ein intuitiv gestaltetes Simulationstool vorgestellt, welches auf Basis der aktuellen Buchführungsdaten vorausschauende Simulationsrechnungen für wichtige Preisrisiken innerhalb eines Milchviehbetriebs zulässt. Zudem wird die Evaluierung der relativen Bedeutung unterschiedlicher Preisrisiken im Hinblick auf den Betriebserfolg und die Liquiditätssicherung ermöglicht. Eine Weiterentwicklung des Simulationstools muss sich insbesondere an einer relevanten Auswahl und Abbildung von Risiken sowie einer intuitiven Benutzeroberfläche und Anwenderfreundlichkeit orientieren, um eine möglichst breite Adaption in der Praxis gewährleisten zu können.

Keywords: strategische Finanzplanung, Milchviehbetriebe, Risiko, Simulationstool

1 Einleitung und Hintergrund

Milchviehbetriebe sind in den vergangenen Jahren einer immer stärkeren Volatilität des Milchauszahlungspreises ausgesetzt (vgl. [EC15]). Dies kann dazu führen, dass auch langfristig grundsätzlich rentabel wirtschaftende Milchviehbetriebe von kurzfristiger Illiquidität erfasst werden können. Unzureichende oder fehlerhafte Finanzplanung kann bei steigender Preisvolatilität somit unter Umständen zu einem Ausscheiden eines solchen Betriebes führen. Eine zunehmende Spezialisierung und Bestandsvergrößerung verstärkt für viele Milchviehhalter zudem die Abhängigkeit des Betriebseinkommens vom Milchpreis sowie von weiteren Preisen für wichtige Betriebsmittel (z. B. zugekaufte Futtermittel). Für die kurz-, mittel- und langfristige wirtschaftliche Perspektive eines Betriebs wird es daher immer wichtiger, unterschiedliche Preisrisiken ex ante zu evaluieren und ggf. durch adäquates Risikomanagement zu kompensieren. Einer vorausschauenden Finanz- und Erfolgsplanung kommt somit eine besondere Bedeutung für die betriebliche Wettbewerbsfähigkeit zu.

Um diesen Anforderungen zu begegnen wird ein Simulationstool vorgestellt, welches mit realen Betriebsdaten aus den Geldrückberichten des vergangenen Wirtschaftsjahres

¹ Institut für Agrarökonomie/Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Abteilung Ökonomie der Milch- und Ernährungswirtschaft, Wilhelm-Seelig-Platz 6, 24118 Kiel, shoehl@ae.uni-kiel.de

eine Finanz- und Erfolgsabschätzung für die nächsten Monate und Jahre erstellt. Dabei können in die entsprechenden Simulationen auch betriebsindividuelle Szenarien, wie beispielsweise ein Fortbestand der aktuellen Milchpreise oder Schwankungen im Bereich der Produktions- und Absatzpreise einfließen, sodass sich ein „Stresstest“ durchführen lässt. Zudem lassen sich Preisszenarien bestimmen, welche eintreten müssten, um ein bestimmtes Betriebsergebnis bei gegebener Produktionstechnik in Zukunft erwirtschaften zu können. Es lassen sich außerdem Absicherungsgeschäfte in die Finanzplanung integrieren, deren Wirksamkeit im Rahmen des betrieblichen Risikomanagements ausgetestet werden kann.

2 Auswahl relevanter Risiken für Milchviehbetriebe

Milchviehbetriebe in Deutschland sind unterschiedlichen Risiken ausgesetzt. Einige dieser Risiken entstammen natürlichen Gegebenheiten (beispielsweise Klimaveränderungen, Naturkatastrophen) oder anderen Ereignissen höherer Gewalt (Brand, Unglücksfälle, usw.). Aufgrund der unbekanntenen Struktur der Eintrittswahrscheinlichkeiten kann hierbei jedoch auch von Unsicherheiten gesprochen werden.

Im Gegensatz zu dieser Gruppe allgemeiner Unsicherheiten unterliegt jedoch jeder Milchviehbetrieb auch einer Reihe von Markt- und Preisrisiken, deren Eintrittswahrscheinlichkeiten in vielen Fällen durchaus näher bestimmt werden können. Insbesondere der vorausschauende Umgang mit schwankenden Preisen für Erzeugnisse und Betriebsmittel kann erheblich zur finanziellen Stabilität eines Milchbetriebes beitragen. In dem vorgestellten Simulationstool geht es um die Abbildung solcher Preisrisiken im Hinblick auf eine strategische Betriebsplanung.

Die Abbildung der Preisrisiken erfolgt innerhalb des Simulationstools in Form exogener Variablen, die auf monatlicher Basis verändert werden können. Durch die unmittelbare Visualisierung der Auswirkungen unterschiedlicher Preisszenarien kann die Schadenshöhe bewertet werden. Eine gleichzeitige Änderung verschiedener Preisparameter erlaubt die Erfassung komplexerer Szenarien und dient der besseren Risiko-Früherkennung.

3 Entwicklungsstand und Ergebnisse

Bei der Entwicklung des Simulationstools wird insbesondere auf Anwenderfreundlichkeit, Relevanz und Kompatibilität mit existierenden Buchführungslösungen abgezielt. Existierende datenbankbasierte Lösungen zur elektronischen Buchführung von Milchviehbetrieben werden sowohl auf Betriebsebene als auch bei Steuerberatungen und Buchführungsverbänden eingesetzt. Hierzu hat sich in Norddeutschland die Software WIKING vom Landwirtschaftlichen Buchführungsverband in Kiel etabliert. Das Simulationstool ist gegenwärtig in der Lage, exportierte Geldrückberichte aus dieser Software

einzulesen und in Simulationen unmittelbar zu verwenden. Dabei können im Rahmen von Szenario-Analysen alle für einen Milchviehbetrieb relevanten Preisparameter (z. B. Milchauszahlungspreise, Kraftfutterpreise) durch den Nutzer gleichzeitig verändert werden. Es lassen sich ferner Milchpreis-Absicherungsgeschäfte einstellen und ihre Auswirkungen auf den Betriebserfolg direkt visuell anzeigen. Da ein rechnerisch negativer Gesamtgeldüberschuss aufgrund möglicher Kreditlinien zunächst nicht zwingend die Existenz eines Betriebes gefährden muss, kann ein Kreditrahmen mit angegeben und entsprechend berücksichtigt werden.

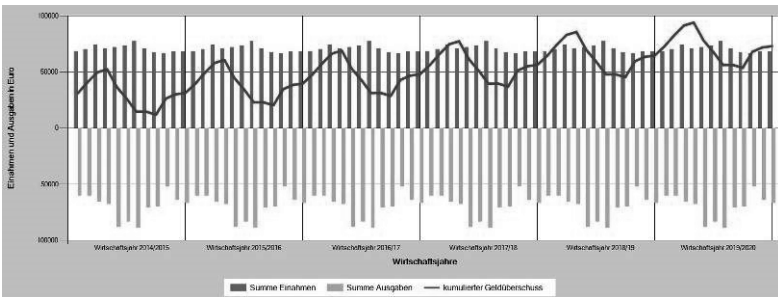


Abb.1: Geldüberschuss jeweils am Monatsende bei Fortschreibung der aktuellen Betriebsdaten.

Das Programm wurde in Visual Studio 2015 C# programmiert. Anhand stilisierter numerischer Beispieldaten für einen Milchviehbetrieb lässt sich in Abb. 1-2 die Funktionsweise demonstrieren. Auf der horizontalen Achse ist der zeitliche Verlauf, auf der vertikalen Achse der Betrag in Euro aufgetragen. Das erste Wirtschaftsjahr besteht in dem eingelesebenen Wirtschaftsjahr. In den Graphiken erscheinen Einnahmen und Ausgaben je Monat als Säulendiagramme; der kumulierte Gesamtgeldüberschuss eines jeden Monats erscheint zuzüglich des Startsaldo als durchgezogene Linie.

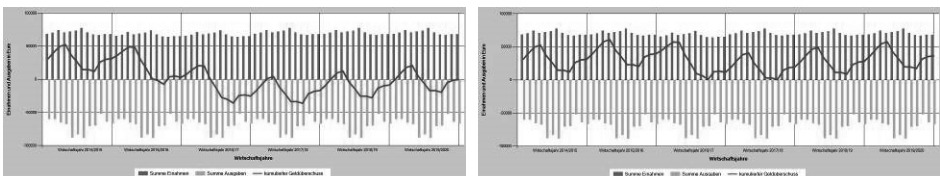


Abb.2: Kumulierter Geldüberschuss jeweils am Monatsende bei einem temporären Rückgang des Milchauszahlungspreises um 2 Cent in den Wirtschaftsjahren 2015/16-2017/18. Links: ohne Absicherung. Rechts: mit Absicherungsgeschäft in Form einer Milchauszahlungspreisfixierung für das Wirtschaftsjahr 2015/2016.

Bei einfacher Fortschreibung der Geldrückberichte kann in dem in Abbildung 1 gezeigten Beispiel der kumulierte Geldüberschuss langfristig ausgebaut werden. Ein temporärer Rückgang des Milchauszahlungspreises kann allerdings zu Liquiditätsgaps führen, welche überbrückt werden müssen (Abb. 2 links). Ein Absicherungsgeschäft zu

den Milchauszahlungspreisen des Wirtschaftsjahres 2015/2016 ermöglicht im gewählten Szenario hingegen einen dauerhaften Geldüberschuss (Abb. 2 rechts).

4 Schlussbetrachtung und weiterer Forschungsbedarf

Mit dem vorgestellten Simulationstool wird eine praxisreife Lösung zur strategischen Finanzplanung von Milchviehbetrieben auf Basis der aktuellen Buchführungsdaten und des Finanzjournals vorgestellt.

Eine intuitive Bedienung und einfache Ergebnisdarstellung dieses Tools soll es jedem Betrieb möglich machen, Risiken frühzeitig zu antizipieren und ggf. entsprechend vorbeugen zu können. Weitere Anwender des Tools zur vorausschauenden Finanz- und Erfolgsplanung können Steuerbüros, Berater und akademische Einrichtungen sowie Abteilungen in Ministerien und Bundesforschungsanstalten sein.

Das Projekt kann langfristig um eine Web-Anwendung erweitert werden. Durch Eingabe von subjektiven oder empirisch bestimmten Eintrittswahrscheinlichkeiten kann eine Risikomatrix erstellt werden, die sehr anschaulich die verschiedenen Preisrisiken visualisiert und Handlungsbedarf im Rahmen eines geeigneten Risikomanagements aufzeigt (z. B. [Va12]).

Literaturverzeichnis

- [EC15] European Commission, European Milk Market Observatory, <http://ec.europa.eu/agriculture/milk-market-observatory>, Stand: 16.11.2015
- [Va12] Vanini, Ute: Risikomanagement: Grundlagen, Instrumente, Unternehmenspraxis. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2012.

Modellierung der Energieversorgung eines voll automatisierten Milchviehstalles

Manfred Höld^{1,2}, Anja Gräff², Heinz Bernhardt² und Jörn Stumpenhausen¹

Abstract: Um den Energieverbrauch im zukünftig hochtechnisierten und automatisierten Milchviehstall möglichst mit eigen produzierter Energie aus der Vergärung von Gülle oder der Produktion von elektrischer Energie mittels der Photovoltaikanlage auf dem Dach des Milchviehstalles zu decken, muss ein Modellstall entwickelt werden. Die Energieverteilung im Modellstall muss durch das Energie Management Systems erfolgen. Dazu sind die Lastgänge der Stromerzeugung aus Biogas und Photovoltaik nötig. Der Tageslastgang des Modellstalles wird mittels Standardwerten berechnet und durch Überlagerung mit den Erzeugungswerten der elektrischen Energie kann durch sinnvolle Steuerung ein geglätteter Lastverlauf erreicht werden.

Keywords: Energie Management System, Milchviehstall, Lastgang

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren haben viele Landwirte mit der Stromproduktion aus Biogas, Photovoltaik und auch aus Windkraft eine zusätzliche Einkommensquelle für den landwirtschaftlichen Betrieb geschaffen. Die staatliche Förderung der neuen Technologien führte zu einem rasanten Zuwachs an Stromproduktion aus erneuerbaren Energien [St15]. Mit dem Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG 2014) wurden „NawaRo“-Biogasanlagen mit einer Stromvergütung versehen, dass eine derzeitige Stromproduktion wirtschaftlich nicht rentabel zu sein scheint. Im Bereich der Biogasanlagen sind zum aktuellen Zeitpunkt nur noch kleine „Güllebiogasanlagen“ mit einer maximalen elektrischen Leistung von 75 kW rentabel einzustufen [BM15]. Für Strom, der mit PV-Anlagen produziert wird, gibt es finanzielle Vorteile, wenn dieser für den Eigenverbrauch verwendet wird, da die Gestehungskosten von PV-Strom geringer sind als die Kosten für Zukaufstrom. Aus der Kombination von Stromerzeugung aus Biogas, Photovoltaik und Windkraft kann durch eine „intelligente“ Steuerung der Stromversorgung der hochgradig technisierte und automatisierte Milchviehstall mit Strom versorgt werden und darüber hinaus kann der landwirtschaftliche Betrieb für den Verteilnetzbetreiber als „virtuelles Kraftwerk“ zur Verfügung stehen – Stall 4.0.

¹ Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, manfred.hoeld@hswt.de, joern.stumpenhausen@hswt.de

² Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, anja.graeff@wzw.tum.de, heinz.bernhardt@wzw.tum.de

2 Fragestellung zur Energieversorgung im Milchviehstall

Es soll ein Modell der Energieversorgung im Milchviehstall erstellt werden, dass die Faktoren „Energieerzeugung, Energieverbrauch, Energiespeicherung, Netzstabilität“ sowie die Faktoren „Wirtschaftlichkeit“ und „Tierwohl“ berücksichtigt.

Für den Modellstall sollen folgende Aspekte der Energieversorgung betrachtet werden:

- möglichst hohe Stromproduktion aus Biogas und Photovoltaik unter Berücksichtigung der vorhandenen Faktoren Gülle (Vergärung zu Biogas) und Dachfläche (PV-Anlage)
- möglichst gut geglätteter Tageslastgang, so dass der landwirtschaftliche Betrieb als „grundlastfähig“ für den Netzbetreiber eingestuft werden kann
- möglichst flexible Anpassungsmöglichkeit der Stromversorgung, so dass der landwirtschaftliche Betrieb dem Netzbetreiber sowohl positive als auch negative Minutenreserve bereitstellen kann (Biogas als Speicher nutzen usw.)

Daraus ergibt sich als Ziel des Projektes eine effiziente Stromversorgung durch Einsatz eines Energiemanagementsystems (EMS). Gleichzeitig muss die Stromversorgung für den Betrieb wirtschaftlich sein und darüber hinaus den Milchkühen höchstmöglichen Komfort bieten. Dazu sind folgende Fragen zu klären:

- Welche Kombination von Energieerzeugungsanlagen kann den elektrischen Energiebedarf im Milchviehstall decken?
- Wie sieht der Tageslastgang der einzelnen elektrischen Verbraucher aus und welcher Tageslastgang ergibt sich für den Modellstall?
- Welche Algorithmen sind nötig, um die Energieverteilung so zu gestalten, damit die oben angeführten Aspekte zur Energieversorgung erreicht werden können?

3 Material und Methode

Um die Versorgung des Milchviehstalles mit elektrischer Energie zu modellieren, ist im ersten Schritt die Definition des Milchviehstalles als Modellstall notwendig. Als Standort für den Modellstall wurde Freising in Bayern gewählt. Die Dachfläche soll nach Süden ausgerichtet sein und die Dachausführung soll als Sheddach mit 20° Dachneigung konstruiert werden, wobei die Süddachfläche etwa 2/3 der Dachfläche einnimmt. Der Modellstall soll Platz für 140 Milchkühe bieten, da voraussichtlich die zukünftigen Milchviehstallneubauten in Bayern in einer Größe zwischen 80 und 150 Milchkuhplätzen sein werden. Die Stallgröße mit 140 Plätzen ist geplant für die Installation von zwei automatischen Melksystemen, so dass diese mit einer hohen Auslastung auch wirtschaftlich betrieben werden können, d.h. jedes automatische Melksystem muss etwa 60 laktierende Tiere melken, da etwa 20 Tiere im Durchschnitt über das Jahr aufgrund der anstehenden Kalbung nicht gemolken werden. Somit hat der Modellstall incl. Melkbereich, Abkalbeboxen, Separationsbereich und Nebenräumen die Maße von 65m in der Länge

und 27m in der Breite (siehe Abb. 1). Der Modellstall ist so konzipiert, dass verschiedene Ausstattungsvarianten gewählt werden können. Die Laufgänge sind in durchgehenden Achsen angeordnet, so dass entweder ein Spaltenboden oder ein planbefestigter Untergrund realisiert werden kann. Der Futtertisch ist breit genug, um eine Futtervorlage mit mobiler Mischtechnik zu gewährleisten, aber es kann auch eine automatische Fütterung eingebaut werden.

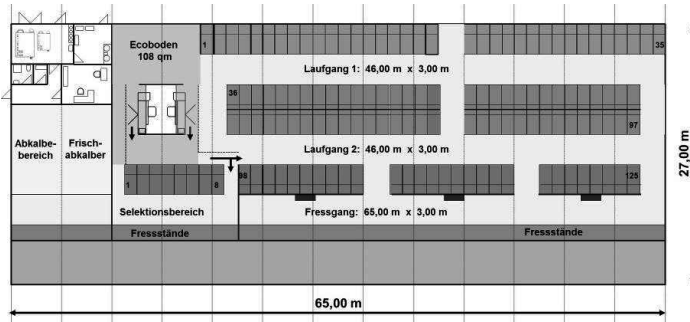


Abb. 1: Grundriss des Modellstalles

Mittels eines Computersimulationsprogramms wird die elektrische Leistung der Photovoltaikanlage auf dem Dach des Modellstalles für jeden Monat berechnet und ein durchschnittlicher Tageslastgang entwickelt. Für die Biogasanlage, die mit Gülle aus der Tierhaltung betrieben wird, kann eine durchschnittliche elektrische Leistung mittels Standardwerten errechnet werden. Falls der Modellstall über eine günstige Lage verfügt, so dass eine kleine Windkraftanlage betrieben werden kann, so kann auch für diese Anlage ein Stromerzeugungsprofil erstellt werden, wiederum für jeden einzelnen Monat aufgrund unterschiedlichen Windaufkommens.

Auf der Verbraucherseite muss für jeden einzelnen elektrischen Energieverbraucher ein Lastprofil erstellt werden. Dieses muss für jeweils einen Durchschnittstag in jedem Monat ermittelt werden, da einige Verbraucher, wie z.B. die Beleuchtung jahreszeitbedingt unterschiedliche Lastgänge haben. Die einzelnen Lastprofile der Energieverbraucher ergeben durch Überlagerung das Gesamtlastprofil des Milchviehstalles wieder.

Durch zeitliche Verschiebung von Lastprofilen einzelner Energieverbraucher, unter Berücksichtigung des Tierwohls bzw. der Ansprüche der Milchkühe, kann ein optimierter Tageslastgang für den Modellstall erzeugt werden. Die Aufgabe des Energie Management Systems besteht darin, die Energieverteilung anhand der definierten Algorithmen vorzunehmen.

4 Aktuelle Ergebnisse

Es liegen berechnete Ergebnisse für den Modellstall im Raum Freising für die Photovol-

taikanlage vor. Die mögliche elektrische Energie aus Biogas ist berechnet. Somit kann der theoretisch anhand von Energieverbrauchswerten errechnete Energieverbrauch des Modellstalles mit den Energieerzeugungskurven der verschiedenen Energieerzeugungsanlagen überlagert werden. Strom aus Windkraft wurde bisher nicht berücksichtigt, da nur wenige Areale in Freising für Energieerzeugung aus Windkraft geeignet sind. In Abb. 2 ist der Tageslastgang des Modellstalles zusammen mit dem Lastgang der PV-Anlage für den Durchschnittstag im Januar dargestellt. Ersichtlich ist, dass wohl ein Großteil der durch Photovoltaik erzeugte Strom selbst verbraucht wird. Zu den Zeiten ohne PV-Strom muss das BHKW der Biogasanlage flexibel Strom erzeugen, so dass es keine, bzw. nur wenig Lastspitzen für den Netzbetreiber gibt.

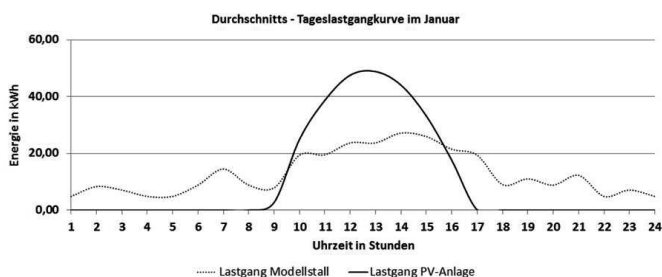


Abb. 2: Überlagerung von Lastgängen

5 Ausblick

Bei weiteren Ausarbeitungen soll auch Strom aus Windkraft mit einfließen, so dass langfristig alle Möglichkeiten der Stromproduktion in dem Energie Management System hinterlegt sind und bei der Installation eines solchen Systems nur noch die angeschlossenen Energieerzeugungsanlagen und Energieverbraucher aktiviert werden müssen. Darüber hinaus soll zum Modell der elektrischen Energie auch ein Modell erstellt werden, welches die thermische Energie berücksichtigt.

Das Ziel ist ein Anwendungstool zu entwickeln, welches bereits während der Planungsphase eines Stallneubaus anhand der einzelnen Energieverbraucher im Milchviehstall den elektrischen Energiebedarf prognostiziert und dadurch die Dimensionierung eines elektrischen Speichers und des Speichervolumens von Biogas ermöglicht.

Literaturverzeichnis

- [St15] Statistisches Bundesamt, <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/Energie/Erzeugung/Erzeugung.html>, Stand: 20.11.2015.
- [BM15] Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz (BMJV), www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/_46.html, Stand: 20.11.2015.

Automatisierte Höhennachführung eines Multisensorsystems zur Feldphänotypisierung

Mario Jenz¹, Kim Möller², Dominik Nieberg³ und Arno Ruckelshausen⁴

Abstract: In diesem Dokument wird die Realisierung einer automatischen Höhennachführung eines Sensormoduls über den Pflanzenbestand beschrieben, welches in der neusten Integration des BreedVision-Konzeptes in ein selbstfahrendes Trägerfahrzeug realisiert wurde. Dieses Konzept beschreibt ein modular aufgebautes, plattformunabhängiges Konzept zur Datenablage auf dem Feld gewonnener Sensordaten zur nicht invasiven Pflanzenphänotypisierung. Die komplette Neukonstruktion des Trägerfahrzeugs ist mit Systemtechnik in Industriestandard zur Messdatenaufnahme ausgestattet um die Robustheit und Erweiterbarkeit gegenüber dem Vorgängersystem weiter zu steigern. Ebenso wurden bereits bewährte Sensoren sowie zahlreiche neue Sensoren in das Gesamtsystem integriert. Das neue Ein-Personen-Bedienkonzept erfordert auch die Integration einer automatischen Höhennachführung des Sensormoduls.

Keywords: Phänotypisierung, Sensorfusion, online Datenverarbeitung, Antriebsauslegung

1 Einleitung

Bildgebende optische Sensoren haben sich bereits in der Feldphänotypisierung etabliert und spielen dort ihre Vorteile aus. Sie sind in der Lage in verschiedenen Wachstumsstufen nicht invasiv Daten vom Pflanzenbestand zu sammeln. So ist mit ihnen u.a. die Darstellung zeitlicher Wachstumsverläufe möglich [PDN15]. Um die Qualität der gewonnenen Daten diese Systeme weiter zu steigern, ist eine Positionierung der Optiken im optimalen Abstand über dem Pflanzenbestand wichtig. Dieses soll durch die Anordnung der Sensoren in einer höhenverstellbaren Einheit, der Messbox, erfolgen. Da im Feldversuchswesen eine große Streuung bei den Wuchshöhen zwischen den unterschiedlichen Genotypen (Parzellen) auftreten kann und die Abstände zwischen den Parzellen möglichst gering sein sollen, ist auch die Dimensionierung eines ausreichend schnellen Aktors notwendig, der dieser Positionieraufgabe gewachsen ist.

1.1 Systemübersicht

Die folgende Grafik gibt eine Übersicht über die neueste BreedVision Plattform. Für eine genauere Übersicht wird an [Mö16] verwiesen.

Hochschule Osnabrück, Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik, Sedanstraße 26, 49076 Osnabrück,

¹Mario.Jenz@hs-osnabrueck.de

²K.Moeller@hs-osnabrueck.de

³D.Nieberg@hs-osnabrueck.de

⁴a.ruckelshausen@hs-osnabrueck.de

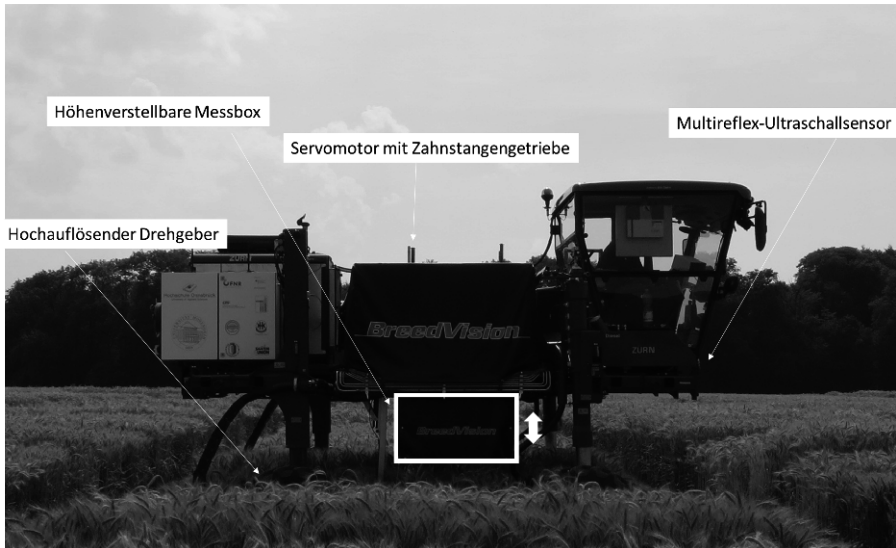


Abb.1: Übersicht über die Einzelkomponenten der automatischen Höhennachführung in der Plattform

Das System zur automatischen Höhennachführung besteht im Wesentlichen aus vier Teilsystemen. Die beiden Sensoren liefern zum einen eine Positionsinformation in Fahrtrichtung und eine Höheninformation der direkt vor dem Fahrzeug befindlichen Pflanzen. Zur Extraktion der Höheninformation aus den Sensorrohdaten wurde auf den bereits validierten Algorithmus aus [NJR14] zurückgegriffen. Auf Grundlage dieser Informationen erfolgt eine online Parzellenerkennung durch das dritte Teilsystem, der Speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS). Das Wissen über den aktuellen Start- und Endpunkt jeder Parzelle ist notwendig um den Verstellbereich zwischen den Parzellen für die Messbox zu definieren. Das vierte Teilsystem ist der Aktor. Dieser nimmt Fahraufträge von der SPS entgegen und fährt dann eigenständig die vorgegebene Position an, während sich die Messbox im Parzellenzwischenraum befindet.

1.2 Dimensionierung und Auswahl des Aktors

Die Dimensionierung des Aktors erfolgte aufgrund der in Tab.1 aufgelisteten Vorgaben. Aus diesen Vorgaben errechnen sich die maximal zur Verfügung stehende Stellzeit der Messbox (t_{stellmax}), der minimale Beschleunigungswert (a_{boxmin}) und die daraus resultierende Verstellendgeschwindigkeit (V_{boxmin}). Anschließend erfolgt die Berechnung der minimalen Beschleunigungskraft ($F_{z\text{min}}$) für die die Aufwärtsfahrt gewählt wurde, da in diesem Fall die Gewichtskraft der Messbox additiv zu der Beschleunigungskraft wirkt.

Anforderungspunkt	Wert
Max. Hubhöhe der Messbox s_{hub}	1m
Länge der Messbox l_{Box}	1m
Länge der Parzellenzwischenräume d_{zw}	2m
Bewegte Gesamtmasse des Systems m_{Box}	55,7 Kg
Bemessungsmessgeschwindigkeit V_{mess}	0,83 m/s

Tab. 1: Äußere Anforderungen an das System

$$t_{\text{stellmax}} = (d_{\text{zw}} - l_{\text{box}}) / V_{\text{mess}} = 1,2 \text{ s} \quad (1)$$

$$a_{\text{boxmin}} = 2 * s_{\text{hub}} / t_{\text{stellmax}}^2 = 1,39 \text{ m/s}^2 \quad (2)$$

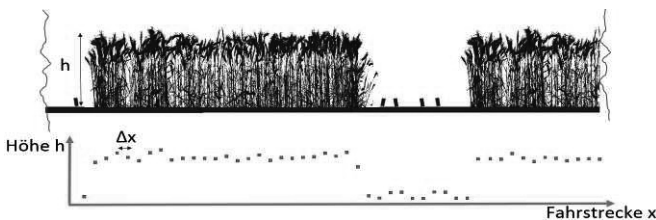
$$V_{\text{boxmin}} = a_{\text{boxmin}} * t_{\text{stellmax}} = 1,67 \text{ m/s} \quad (3)$$

$$F_{\text{zmin}} = F_{\text{GMessbox}} + F_{\text{a}} = m_{\text{Box}} * (g + a_{\text{boxmin}}) = 615,9 \text{ N} \quad (4)$$

Das Zahnstangengetriebe wurde aufgrund der zu übertragenden Zugkraft und der Verstellgeschwindigkeit gewählt. Diese beiden Parameter müssen größer sein als die berechneten Mindestvorgaben. Passend zu dem Übersetzungsverhältnis des Zahnstangengetriebes wurde aufgrund des minimal benötigten Drehmoment und der minimal benötigten Drehzahl eine Motor/Getriebekombination ausgesucht. Die ausgewählten Komponenten liefern ohne Berücksichtigung der Reibkräfte und Getriebeverluste eine Beschleunigungskraft von 908N. Damit ist sichergestellt, dass die maximale Verstellzeit eingehalten wird.

1.3 Zustandsautomat der automatisierten Höhennachführung

Der Hauptprozess der automatisierten Höhennachführung lässt sich mithilfe eines endlichen Automaten beschreiben. Dieser besitzt folgende Zustände: Init, Manuell, Automatik, Erkenne_Parzellenanfang_1.mal, Verstellen, Erkenne_Parzellenende, Erkenne_Parzellenanfang_beim_N.mal und Warte_auf_Verstellfenster. Die Transitionen erfolgen im Wesentlichen durch die ausgewerteten Sensordaten. Die Auswertung der Ultraschallhöhendaten erfolgt in einem Unterbaustein. Dieser liefert die Signale „Parzellenanfang_erkannt“, „Parzellenende_erkannt“ und den neuen Sollwert für den Aktor.


 Abb.2: Schematischer Ausschnitt aus einer Versuchspartelle zur Darstellung des Messintervalls Δx

Dieser Baustein klassifiziert alle 2 cm (Δx) Fahrstrecke die Höhe (h) anhand eines Schwellwertes. Ist die Höhe größer als der Schwellwert, befindet sich der Sensor über einer Parzelle und ein Zähler wird um ein Inkrement erhöht. Reziprok dazu wird er verringert, wenn sich der Sensor über dem Zwischenraum befindet. Ist der Zähler bei der oberen Schwelle angelangt, wird er nicht weiter erhöht und das Signal „Parzellenanfang_erkannt“ wird gesetzt. Bei der unteren Schwelle wird das Signal „Parzellenende_erkannt“ gesetzt. Befindet sich der Automat im Zustand „Warte_auf_Verstellfenster“, beginnt die kontinuierliche Höhenmessung bis die Messbox den Anfangspunkt des Verstellfensters zwischen den Parzellen erreicht. Das Resultat wird dem Aktor in einem Fahrbefehl übergeben.

1.4 Validierung des Systems

Zur Validierung des Systems wurde überprüft, wie viele der überfahrenden Parzellen durch das System erkannt worden sind. So ist sichergestellt, dass der Automat zu jeder Parzelle einen neuen Höhenwert einstellt. Da dieser Höhenwert auf Grundlage des bereits in [NJR14] validierten Algorithmus ausgewertet wurde, ist sichergestellt, dass dieser in ausreichender Genauigkeit der Fokusebene der optischen Systeme entspricht. Exemplarisch wurden 3 Feldversuche an den Versuchsstandorten Moosburg und Hohenheim mit insgesamt 2280 Versuchspartzen herangezogen. Von denen wurden 99,4 % durch das System erkannt.

Literaturverzeichnis

- [PDN15] Paulus, S. et al.: Einführung von Multi-sensor Plattformen zur detaillierten Beschreibung von Pflanzen während der gesamten Wachstumsperiode in: 21. Workshop Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft, 7. Mai 2015 Braunschweig
- [Mö16] Möller, K. et al.: Feldtaugliche Multisensorplattform für High-Throughput Getreidephänotypisierung – Aufbau und Datenhandling in: Ruckelshausen, A., Schwarz, H.-P., Theuvsen, B. (Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst-, und Ernährungswirtschaft, Referate der 36. GIL-Jahrestagung, 22.-23. Februar 2016, Osnabrück
- [NJR14] Nieberg, D. et al.: Multireflex-Ultraschall-Sensorsystem zur Feld-Phänotypisierung von Getreide in Proceedings 72. International Conference Agricultural Engineering, 2014, VDI-Verlag, Berlin, pp. 103-108, ISBN 978-3-18-092226-3

Einsparung von Pflanzenschutzmitteln durch präzise sensorgesteuerte Applikation im Obstbau

Christoph Kämpfer¹, Verena Overbeck¹, Jonas Huhs², Tanja Pelzer¹ und
Jens-Karl Wegener¹

Abstract: Im Erwerbsobstbau ist der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) zum Erhalt des Ertrags und zur Erfüllung der hohen Qualitätsstandards unabdingbar. Dabei kann es bei Lücken in der Laubwand zu ungewollten Einträgen von PSM in den Naturhaushalt kommen. Sensorsysteme bieten die Möglichkeit sowohl die Zielfläche als auch Lücken gezielt zu erkennen und somit eine bedarfsgerechte Applikation durch Schaltung der Düse zu gewährleisten. In diesem Beitrag wird die mögliche Pflanzenschutzmitteleinsparung eines Sprühgerätes vorgestellt, welches mit Infrarotsensoren zur Düsensteuerung ausgerüstet ist. Erste Ergebnisse zeigen, dass vor allem in Junganlagen PSM-Einsparungen bis zu 70 % möglich sind.

Keywords: Sensoren, Obstbau, Lückenschaltung

1 Einleitung

Der Obstbau spielt in vielen Regionen Europas und Weltweit eine wichtige Rolle. In Deutschland sind dies vor allem die Regionen „Altes Land“ bei Hamburg und am Bodensee. Von den insgesamt 46.000 ha Baumobst wurden 2012 auf fast 32.000 ha Äpfel produziert (De12).

Dabei ist für den Erwerbsobstbau die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln ein wichtiger Baustein zur Sicherung der Erträge und zum Erhalt des hohen Qualitätsniveaus. Derzeit erfolgt die Applikation mittels einstellbarer Luftführung (Luftleitbleche etc.) und Teilbreitenabschaltung der Düsen, welche in Abhängigkeit von den Baumhöhen der Obstanlage eingestellt werden können. Zusätzlich werden die Düsen im Vorgewende ausgeschaltet.

Laut des Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP) besteht jedoch die Notwendigkeit den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren, um die Belastung des Naturhaushaltes so gering wie möglich zu halten. In den vergangenen Jahren wurden daher verschiedene Konzepte entwickelt, um mit technischen Maßnahmen eine präzisere Applikation im Obstbau zu ermöglichen. Dabei wird mit Sensoren die Laubwand erfasst und die Düsen, einzeln oder in Gruppen, über eine Schaltelektronik gesteuert. Diese soll ermöglichen, dass die Düsen des Sprühgerätes nur

¹ Julius Kühn-Institut, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, at@jki.bund.de

² Esteburg Obstbauzentrum Jork, Moorende 53, 21635 Jork, Jonas.Huhs@lwk-niedersachsen.de

in Bereichen der Zielfläche geöffnet werden. Bereiche ohne Zielfläche, wie sie zum Beispiel durch abgebrochene Äste oder Lücken im Bestand entstehen können, sollen von der Applikation ausgenommen werden. Erste Ansätze dazu finden sich bereits in den 1980er Jahren [GDD89]. Auch in den vergangenen Jahren haben sich einige Forschergruppen mit der Thematik auseinandergesetzt [Xi11], [HS10], [Va07], wobei die entwickelten Geräte bisher nur für Forschungszwecke eingesetzt wurden. Auf dem deutschen Markt ist derzeit nur ein Gerät in sehr geringer Stückzahl im Einsatz. Daher wurde in Zusammenarbeit mit einem Industriepartner die bestehende Technologie optimiert und für den praktischen Einsatz im Erwerbsobstbau ausgelegt. Dieser Beitrag soll erste Ergebnisse zu den erreichten Einsparungen bei der Applikation mit Lückenschaltung in verschiedenen Apfelanlagen vorstellen.

2 Material und Methoden

2.1 LADUS-Sprühgeräteprototyp

Die Versuche wurden mit einem Sprühgerät Typ Wanner NH 63 mit Axialgebläse durchgeführt, welches mit neun Düsen je Seite in einem Abstand von 30 cm ausgestattet ist. Ein Radsensor an der Achse ermittelt die aktuelle Fahrgeschwindigkeit des Sprühgerätes und liefert die Weginformation zur Berechnung der Ein- und Ausschaltzeitpunkte der Düsen.

Des Weiteren verfügt der Sprühgeräteprototyp über ein neu entwickeltes Lückenschalt-system mit 20 Infrarotsensoren (IR-Sensoren) je Seite, die Informationen bereitstellen, ob sich im Bereich der Düsen eine Zielfläche befindet. Sensoren vom Typ LS01 der Firma ELMED Industrieelektronik wurden speziell für den Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis entwickelt und optimiert. Im Gegensatz zu bisherigen IR-Sensoren, wurde das Sichtfeld des optimierten Sensors deutlich verengt. Somit lässt sich eine größere Anzahl an Sensoren nutzen, ohne eine gegenseitige Beeinflussung zu verursachen. Das Gehäuse des Sensortyps wurde zusätzlich verkleinert, ist gegen Spritzwasser geschützt und besteht aus massivem Kunststoff, um Beschädigungen während des Einsatzes zu verhindern. Im Vergleich dazu werden bei vielen anderen Systemen mit Lückenschaltung gängige Industriesensoren eingesetzt, die zum Teil nur für den Indoor-Einsatz entwickelt wurden.

Eine eigens entwickelte Software errechnet aus den Informationen der IR-Sensoren und des Radsensors die Schaltzeitpunkte und steuert die Magnetventile. Zusätzlich besteht über die Software die Möglichkeit die Schaltpunkte der Ventile vor bzw. hinter die erkannten Ränder des Baum- bzw. Laubbestandes zu verlegen. Somit ist es zum Beispiel möglich die Düsen bereits kurz dem Rand zum belaubten Bereich zu öffnen, um eine sichere Behandlung der Randzonen zu gewährleisten. In der Softwareeinstellung ohne Verlegung der Schaltzeitpunkte öffnen die Ventile in dem Moment, in dem die erste erkannte Baumstruktur sich vor der Düse befindet.

2.2 Pflanzenschutzmitteleinsparung

Die Messungen zur Einsparung von PSM wurden auf dem Gelände der Obstbauversuchsanstalt Jork in drei unterschiedlichen Anlagen durchgeführt. In allen Anlagen wurden die Bäume in einem Pflanzabstand von 1,0 m und einem Reihenabstand von 3,5 m gepflanzt. Für alle Sorten wurde als gängige Unterlage M9 verwendet. Anhand unterschiedlicher Pflanzjahre ergeben sich somit auch unterschiedliche Kronenstrukturen, welche sich in unterschiedlichen Lückenausprägungen äußern. Bei Anlage 1 handelt es sich um einen dichten Bestand (Anpflanzung: Frühjahr 2004), Anlage 2 weist mittelgroße Lücken aus (Anpflanzung: Frühjahr 2006) und in Anlage 3 sind große Bestandslücken zu finden, da es sich um eine Junganlage handelt (Anpflanzung: Frühjahr 2013).

Zur Ermittlung der Einsparrate wurde in jeder Anlage zunächst ohne Lückenschaltung appliziert und die verbrauchte Wassermenge durch Rückklitern ermittelt. Im Anschluss wurde mit Lückenschaltungen in zwei Varianten appliziert. Bei Variante 1 wurde mit möglichst hoher Schaltpräzision ohne Vor- oder Rückverlegung der Schaltzeitpunkte gearbeitet. Bei Variante 2 wurden als Sicherheit 20 cm Vor- und Rückverlegung der Schaltzeitpunkte eingestellt. Die verbrauchte Wassermenge wurde ebenfalls in beiden Varianten durch Rückklitern ermittelt und die Einsparung errechnet. Zur ersten Einschätzung der Beläge wurde Wassersensitives Papier in der Baumkrone eingesetzt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse in Abbildung 1 zeigen, dass die Einsparung stark von der Struktur und dem Alter der Obstanlage abhängt. Die höchste Einsparung konnte in der lückigen Anlage 3 ermittelt werden, wenn die Lückenschaltung auf Variante 1 mit höchster Präzision eingestellt ist. Da diese Versuche zunächst nur an einem Zeitpunkt in der Vegetation durchgeführt wurden, müssen diese Versuche jedoch über eine vollständige Vegetationsperiode ausgedehnt werden. Zum Zeitpunkt der Versuche waren die Bäume voll belaubt, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Einsparungen zu früheren Zeitpunkten des Jahres noch höher sind, da bei weniger Laub auch die Lücken entsprechend größer sind.

Des Weiteren kann aus den Ergebnissen gefolgert werden, dass die Variante 2 in älteren Anlagen mit geringerem Lückenanteil und größerem Kronenvolumen (Anlage 1 und 2) kaum oder gar keine Einsparung im Vergleich zur Vollapplikation ermöglichen (Abb. 1). Durch die Vor- und Rückverlegung der Schaltzeitpunkte in den kleinen und mittleren Lücken, wurden die Zeitfenster für das Schließen der Düsen soweit verringert, dass keine nennenswerte Einsparung erreicht werden konnte. Für weitere Versuchsanstellungen ist noch zu klären, ob andere Schaltzeitpunkte zur Verbesserung der Effizienz verwendet werden können.

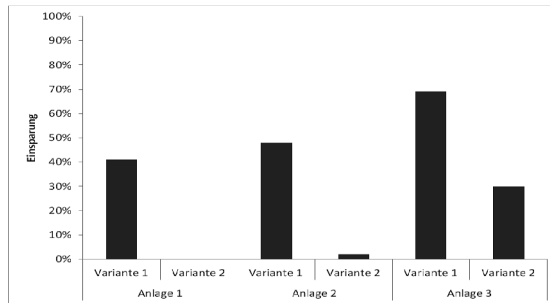


Abb.1: Gemessene Einsparung in den drei Versuchsanlagen für die Variante 1 (höchste Präzision) und Variante 2 (Verlegung der Ein- und Ausschaltpunkte um 20 cm), n=3.

Eine erste Betrachtung der Beläge auf wassersensitivem Papier zeigt, dass bei präziser Applikation der Belag im Randbereich leicht verringert ist. Um die Ergebnisse abschließend bewerten zu können, müssen weitere Versuche durchgeführt werden, um die biologische Wirksamkeit der PSM-Maßnahme beim Einsatz der Lückenschaltung zu überprüfen. Generell kann durch die Versuche gezeigt werden, dass mittels neuer Sensortechnik ein erheblicher Beitrag zur Einsparung von Pflanzenschutzmitteln und somit zur Erfüllung der Ziele des NAP geleistet werden kann.

Literaturverzeichnis

- [De12] Destatis, https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/ObstGemuObstGemueseG/Baumobstflaechen2030314129004.pdf?__blob=publicationFile, Stand 30. Oktober 2015.
- [GDD89] Giles, D. K.; Delwiche, M. J.; Dodd, R. B.: Sprayer control by sensing orchard crop characteristics: Orchard architecture and spray liquid savings. *Journal of Agricultural Engineering Research* 43/89, S. 271-281, 1989.
- [HS10] Hocevar, M.; Sirok, B.: Design and testing of an automated system for targeted spraying in orchards. *Journal of Plant Diseases and Protection* 2/10, S. 71-79, 2010.
- [Va07] Val Manterola, L. et al.: Variable dose rate sprayer prototype for dose adjustment in tree crops according to canopy characteristics measured with ultrasonic and laser lidar sensor. In (Stafford, J.V., Hrsg.): *Precision Agriculture 2007*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, S. 563-571, 2007.
- [Xi11] Xionkui, H. et al.: Precision orchard sprayer based on automatically infrared target detecting and electrostatic spraying techniques. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 1/11, S. 35-40, 2011.

Evaluation von Entwicklungsumgebungen für Multi-Agenten-Simulationen

Marco Kerwitz¹ und Michael Clasen¹

Abstract: Multi-agent-simulations are gaining more and more importance because of the growing desire to do forecasts and analysis before conducting projects and experiments. Resulting from the rising popularity of this topic, corresponding development frameworks and tools have been build and made available to the general public. Due to the wide-spread deployment of these tools it is generally not easy for the enduser to gather enough information to compare the available MAS-programs. In this paper we will give an overview of available tools and make a suggestion.

Keywords: Multi-Agenten-Simulation, Industrie 4.0

1 Bedeutung von Multi-Agenten-Simulationen

Multi-Agenten-Simulationen (MAS) werden seit einigen Jahren erfolgreich eingesetzt, um Problemstellungen der unterschiedlichsten Forschungsbereiche zu simulieren [Ra02]. Zu den bekanntesten Arbeiten zählen sicherlich die Sugarscape-Modelle von Epstein und Axtell [EA96], mit denen eine Vielzahl sozialer Phänomene nachgebildet und z.T. erklärt werden konnten. Aber auch im Bereich der Agrarwissenschaften finden sich einige wenige Arbeiten, in denen Multi-Agenten-Simulationen zum Einsatz kamen [z.B. Be04, Mü08]. Vor dem Advent der Industrie 4.0- und Farming 4.0-Ansätzen ist jedoch mit einer Renaissance der MAS zu rechnen. Zentrales Element dieser Ansätze ist die autonome Steuerung von Produkten oder Maschinen, die selbsttätig nach Entscheidungsregeln vorgegebene Ziele verfolgen [Cl16]. Der Erfolg hängt dabei maßgeblich von der Güte der Entscheidungsregeln ab. Um ein System von Beginn an mit guten Entscheidungsregeln starten zu lassen, müssen diese Regeln zuvor in Simulationen getestet werden. Auch können MAS als Basis für die Steuerung der realen Systeme dienen. Gründe genug, sich einen aktuellen Überblick [Cl02] über die derzeit verfügbaren Werkzeuge zur MAS zu verschaffen.

2 Auswahl, Bewertung und Klassifikation der Tools

Zum Aufspüren möglichst vieler MAS-Tools wurde zunächst eine Liste mit 34 Suchbegriffen, wie beispielsweise „MAS-Tool“ oder „Cellular Automata“, zusammengetragen. Nach diesen Begriffen wurde per Google Web Search und Google Scholar, sowie in

¹ Hochschule Hannover, Fakultät IV – Wirtschaft und Informatik, Ricklinger Stadtweg 120, 30459 Hannover, marco@kerwitz.com, michael.clasen@hs-hannover.de

Google Books, Apple iBooks und den Katalogen der Hochschulbibliothek der Hochschule Hannover gesucht. Das Ergebnis war eine Liste mit 102 Werkzeugen, die Simulationsaufgaben unterstützen.

Alle 102 Werkzeuge wurden dann anhand der Kriterien „Tauglichkeit für ökonomische Fragestellungen“, „Verfügbarkeit (grundsätzliche Bezugsmöglichkeit, Preis)“, „Dokumentation“, „Einarbeitungsaufwand“, „Aktualität (Datum des letzten Updates)“ und „Popularität (Anzahl der Projekte, Größe der Community)“ mit einem Wert von 0-2 bewertet. Eine 0 steht dabei für „nicht geeignet“ (bzw. „nicht verfügbar“, „nicht aktuell“ etc.), eine 1 für grundsätzlich geeignet und eine 2 für gut geeignet. Tauglichkeit und Verfügbarkeit waren Totschlagargumente, so dass Tools, die hier mit 0 bewertet wurden, nicht weiter betrachtet worden sind. Die 7 Tools mit der höchsten aufsummierten Bewertung wurden dann in einem zweiten Schritt näher untersucht. Hierzu wurden drei Simulationsaufgaben mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad definiert, die mit den 7 Werkzeugen gelöst werden sollten. Diese waren ein einfaches Predator & Prey-Modell, bei dem die Populationsentwicklung von Räuber und Beute analysiert wird, ein Modell das parkplatzsuchende PKW simuliert und ein Marktmodell, indem der Wohnungsmarkt einer Region analysiert werden sollte.

3 Vorstellung empfehlenswerter Tools

Die Tabelle gibt einen Überblick über die empfohlenen Tools. Im Folgenden werden diese vorgestellt und auf ihre Vor- und Nachteile eingegangen.

Name	Entwickler	Lizenz	Bezugsquelle
Anylogic	The Anylogic Company	Kostenpflichtig, kostenlose Testversion	www.anylogic.de
SeSAM	Universität Würzburg	LGPL, Open Source	130.243.124.21/sesam
MadKit	Univsité Montpellier	kostenlos, Open Source	www.madkit.net
NetLogo	CCL	kostenlos, GNU	ccl.nothwestern.edu/netlogo
FlameGPU	University of Sheffield	kostenlos	www.flamegpu.com

Tab. 1: Übersicht über die analysierten Tools

Mit **AnyLogic** lassen sich sehr komplexe Simulationen programmieren und zwei- oder dreidimensional darstellen. Agenten, Objekte und die grafische Darstellungsfläche lassen sich ohne Programmierung einfach per Mausclick erstellen, konfigurieren und steuern. Die Aktionen der Agenten können per Flowchart mithilfe verketteter Regeln angelegt werden, so dass für einfache Simulationen keine Java-Kenntnisse nötig sind. Auch Diagramme, die zur Laufzeit Informationen über die Simulation liefern, sind mit wenigen Klicks erzeugt. Positiv ist weiterhin, dass AnyLogic eine große Anzahl an Bausteinen bereitstellt, die per Drag & Drop in das Modell integriert werden können. Für die Einarbeitung in AnyLogic stehen diverse Beispielmmodelle, einige Tutorials und ein um-

fangreiches Handbuch im Internet frei zur Verfügung. Die Beispielsimulationen verringern zwar die ersten Hürden, doch es braucht Zeit, sich in die vielen Features einzuarbeiten. AnyLogic ist ein sehr flexibles MAS-Programm, mit dem sich auch komplizierte Simulationen realisieren lassen. Aufgrund seiner hohen Flexibilität ist AnyLogic für nahezu jedes Simulationsproblem geeignet. Lediglich bei sehr einfachen Simulationen gilt es abzuwägen, ob die hiermit verbundene Komplexität den Einarbeitungsaufwand rechtfertigt.

SeSAM könnte als die OpenSource Version von AnyLogic bezeichnet werden. Bedienung und Funktionsumfang von SeSAM (Shell for Simulated Agent Systems) ist somit grundsätzlich mit dem von Anylogic vergleichbar, jedoch macht SeSAM einen rustikalen und etwas umständlicheren Eindruck. Die Programmierung von Simulationsmodellen kann auch bei SeSAM per Mausklick erfolgen. Regelketten, die das Handeln eines Agenten bestimmen, werden direkt in der sogenannten „Reasoning Engine“ in einem Flowchart erzeugt, was das Verständnis der Vorgänge stark vereinfacht. Die Regeln bestehen zwar aus verketteten Java-Methoden, aber auch diese kann der Nutzer mit einem Assistenten zusammensetzen und konfigurieren. Größere MAS, die mehrere Durchgänge mit verschiedenen Startparametern umfassen, unterstützt das Tool mit einem Assistenten und der Möglichkeit, Durchgänge im lokalen Netzwerk zu verteilen. Nachteilig fielen lediglich die fehlende Möglichkeit für dreidimensionale Simulationen sowie die gegenüber AnyLogic deutlich kleinere Bibliothek an vorgefertigten Programmbausteinen auf. Um die Einarbeitungszeit zu erleichtern, werden über ein Community Wiki neben einer Dokumentation der im Programm enthaltenen Features auch diverse Anleitungen, Beispielmodelle und nützliche Tutorials bereitgestellt.

MaDKit ist eine Open-Source Plattform für die Entwicklung von Java basierten MAS-Anwendungen und Simulationen, die sich, anders als üblich, nicht auf einzelne Agenten, sondern auf Organisationen konzentrieren. Der Ansatz, den MaDKit dabei verfolgt heißt AGR (Agent / Gruppe / Rolle) und bedeutet, dass einzelne Agenten bestimmte Rollen in einer Gruppe übernehmen und dadurch künstliche Populationen bilden. Die Macher verzichten ganz bewusst auf eine standardisierte Basisklasse von Agenten, um für eine ungleichmäßige Masse zu sorgen. Gleichwohl stellen sie dem Nutzer grundlegende Funktionalitäten für die Kommunikation unter den Agenten zur Verfügung. Für die Entwicklung mit MaDKit empfiehlt sich die Eclipse IDE, die auch in den Anleitungen (<http://www.madkit.org/madkit/tutorials>) immer wieder Erwähnung findet. Durch seine Fokussierung auf die Simulation von Populationen und Gesellschaften eignet sich die Plattform eher für größere Mengen von Agenten, beispielsweise bei der Ausbreitung eines Krankheitserregers, als für einfache Simulationen.

NetLogo ist eine Programmiersprache mit integrierter Programmierumgebung für Multi-Agenten-Simulationen. Sie ist die Weiterentwicklung der Programmiersprachen Logo und StarLogo. Hauptziel dieser Sprachen ist eine leichte Erlernbarkeit, so dass sich diese besonders gut für Programmieranfänger und für Schulungszwecke eignen. Hierunter leidet aber die Leistungsfähigkeit. Zwar wird das Simulationsgeschehen auch hier zur Laufzeit graphisch aufbereitet, bei komplexen Problemstellungen stößt NetLogo aber

schnell an seine Grenzen. Die Einarbeitung in NetLogo wird durch die zahlreiche Beispiele und ein Dictionary auf der NetLogo-Website, sowie durch diverse Video-Tutorials auf externen Webseiten leicht gemacht.

FlameGPU wurde entwickelt, um eine sehr große Anzahl von Agenten sowie deren Verhalten und Eigenschaften zu berechnen und grafisch aufwändig darstellen zu können. Das Tool ist eine Erweiterung des CPU-basierten FLAME Frameworks und stellt eine einfache Möglichkeit dar, Agenten konventionell in der Programmiersprache C zu programmieren und trotzdem die sehr performante CUDA-Technik zu verwenden. CUDA-Code wird statt auf der CPU auf der GPU, also dem Grafikchip, ausgeführt, was erhebliche Verbesserungen bei der Berechnung von komplexen Modellen durch Parallelisierung bietet. Der Vorteil für den Anwender liegt dabei in der Abstraktion: er kann sich auf die Beschreibung der Agenten konzentrieren und die deutlich bessere Performance der GPU nutzen, ohne Experte für CUDA-Programmierung sein zu müssen. Ein weiterer Vorteil dieser Herangehensweise ist die Nähe der berechneten Daten zum Grafikchip: eine Echtzeitbetrachtung von riesigen Populationen ist möglich, weil sich die Daten bereits auf der darstellenden Hardware befinden. Für die Benutzung setzt FlameGPU das Visual Studio von Microsoft voraus und die Definition von Agenten erfolgt im XML-Schema. Die Anbieter von FlameGPU bieten auf der Homepage des Projekts eine umfangreiche Dokumentation und ein Verzeichnis von Veröffentlichungen über das Tool an, was den Einstieg und die Arbeit einfacher gestaltet.

Literaturverzeichnis

- [Be04] Berger, T. (2004): Agentenbasierte Modellierung von Landnutzungsdynamiken und Politikoptionen, in: *Agrarwirtschaft* 53 (2), 77-87.
- [Cl02] Clasen, M. (2002): Entwicklungsumgebungen für Multi-Agenten-Systeme zur Simulation von digitalen Marktplätzen. in: Wild, K., Müller, R. A. E., Birkner, U. (Hrsg): *Referate der 23. GIL-Jahrestagung in Dresden 2002*, Dresden, S. 34-37.
- [Cl16] Clasen, M. (2016): Farming 4.0 und andere Anwendungen des Internet der Dinge. in: *dieser Tagungsband*.
- [EA96] Epstein, J. M., Axtell, R. (1996): *Growing Artificial Societies. Social Science from the Bottom up*, Washington.
- [Mü08] Müller-Scheeßel, J. (2008): *Ökonomische Analysen zur Anbaubereitschaft und zur rechtlichen Ausgestaltung des Anbaus gentechnisch veränderten Rapses*. Wissenschaftsverlag Vauk, Kiel.
- [Ra02] Rauch, J. (2002): *Seeing Around Corners*, The Atlantic Online, <http://www.theatlantic.com/issues/2002/04/rauch.htm>, Stand: 13.06.02.

PPP-InfoS: Ein Dateninformationssystem zur Verbesserung des Tierwohls und der Tiergesundheit in der Schweinehaltung

Kay Knöll¹, Detlef Stolp¹, Ralf Barth¹, Günther Klein², Lothar Kreienbrock³, Anna-Maria Wendt³, Thomas May⁴, Franziska Nienhaus⁵, Thomas Kornhoff⁵ und Diana Meemken²

Abstract: Das vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) geförderte Projekt PPP-InfoS soll zu einer Verbesserung des Tierwohls und der Tiergesundheit bei Schweinen beitragen. Das Projekt, das im März 2015 gestartet ist, wird von der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, der BALVI GmbH und QS als Projektpartner sowie verschiedenen assoziierten Partnern aus Wirtschaft und dem öffentlichem Veterinärwesen getragen. Die BALVI GmbH ist auf die Informationsverarbeitung in der behördlichen Überwachung von Tiergesundheit sowie bei der Lebensmittel- und Futtermittelsicherheit spezialisiert. Im Rahmen des Förderprojekts PPP-InfoS soll bis März 2018 ein Dateninformationssystem erstellt werden, mit dessen Hilfe bereits vorhandene amtliche und wirtschaftseigene Daten der gesamten Produktionskette Schwein zentral ausgewertet werden können. Die zentrale Datenbasis wird dafür genutzt, eine umfassende Risikobewertung bei tierhaltenden Betrieben durch die amtliche Überwachung zu ermöglichen, Rückschlüsse auf Optimierungsmöglichkeiten in der Tierhaltung für Behörden wie Tierhalter zu gewinnen und diese zur Verbesserung der Tiergesundheit und des Tierwohls einzusetzen.

Keywords: Dateninformationssystem, Tierwohl, Tiergesundheit, Public-Private-Partnership

1 Einleitung

Für das vom BMEL geförderte Projekt haben sich mit der BALVI GmbH, der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover sowie der QS Qualität und Sicherheit GmbH leistungsstarke Partner zusammengefunden.

Im Rahmen des Projekts wird ein Dateninformationssystem erstellt, welches durch gezielte Vernetzung von existierenden amtlichen Daten (insbesondere die der Veterinäräm-

¹ BALVI GmbH, Isaac Newton Str. 11, 23562 Lübeck, kay-nadine.knoell@balvi.de, ² Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Insitut für Lebensmittelqualität und –sicherheit, Bischhofholer Damm 15, 30173 Hannover, diana.meemken@tiho-hannover.de, ³Stiftung Tierärztliche Hochschule, Institut für Biometrie, Epidemiologie und Informationsverarbeitung, Bünteweg 2, 30559 Hannover, anna-maria.wendt@tiho-hannover.de, ⁴QS Qualität und Sicherheit GmbH, Schedestr. 1-3, 53113 Bonn, info@q-s.de, ⁵Stiftung Tierärztliche Hochschule, Außenstelle für Epidemiologie, Büscheler Str. 9, 49456 Bakum, franziska.nienhaus@tiho-hannover.de

ter und der amtlichen Schlachttier- und Fleischuntersuchung) mit existierenden Daten der betrieblichen und überbetrieblichen Produktionssteuerung und der wirtschaftsgetragenen Qualitätssicherung ein wirkungsvolles Instrument für Prävention, Frühwarnung und Beseitigung von Mängeln in der Tierhaltung darstellt.

2 Ziel des Vorhabens

2.1 Technische Ziele

Die technische Zielsetzung beinhaltet die Konzeption eines datenschutzkonformen Informationssystems sowie der Kommunikations- und Auswertungsdienste. Außerdem soll die technische Umsetzung in Form eines Demonstrators vorgenommen werden. Dieser soll die Basis für eine marktfähige IT-Lösung darstellen, die im Anschluss an das Projekt durch die BALVI GmbH erstellt wird.

2.2 Fachliche Ziele

Im Rahmen des Vorhabens sollen die seit Jahren durch die von verschiedenen, am Produktionsprozess und an der amtlichen Überwachung Beteiligten erhobenen Daten genutzt werden, die in ihrer Gesamtheit die Qualität der Tierhaltungen hinsichtlich Tiergesundheit und Tierwohl widerspiegeln. Derzeit fehlt den Landwirten wie auch der amtlichen Überwachung diese Möglichkeit des Vergleichs zwischen Tierbeständen. Dies ist begründet durch fehlende Standardisierung der Bewertungsparameter und Daten. Weiter erschwerend wirken eine dezentrale Datenspeicherung in verschiedenen Datenstrukturen sowie unterschiedlicher Datenzugehörigkeit. Die in diesem Projekt angestrebte Zusammenführung der unterschiedlichen Datenquellen zur systematischen Generierung von kontinuierlichen Informationen zum Tierwohl und zur Tiergesundheit in der Schweinehaltung aus bereits existierenden Daten in einem treuhänderisch verwalteten Dateninformationssystem kann die Grundlage für gezielte Beratungs- und Überwachungskonzepte werden. Damit kann das System für die gesamte Schweinehaltung Deutschlands ein Instrument der kontinuierlichen Verbesserung der Tierproduktion darstellen.

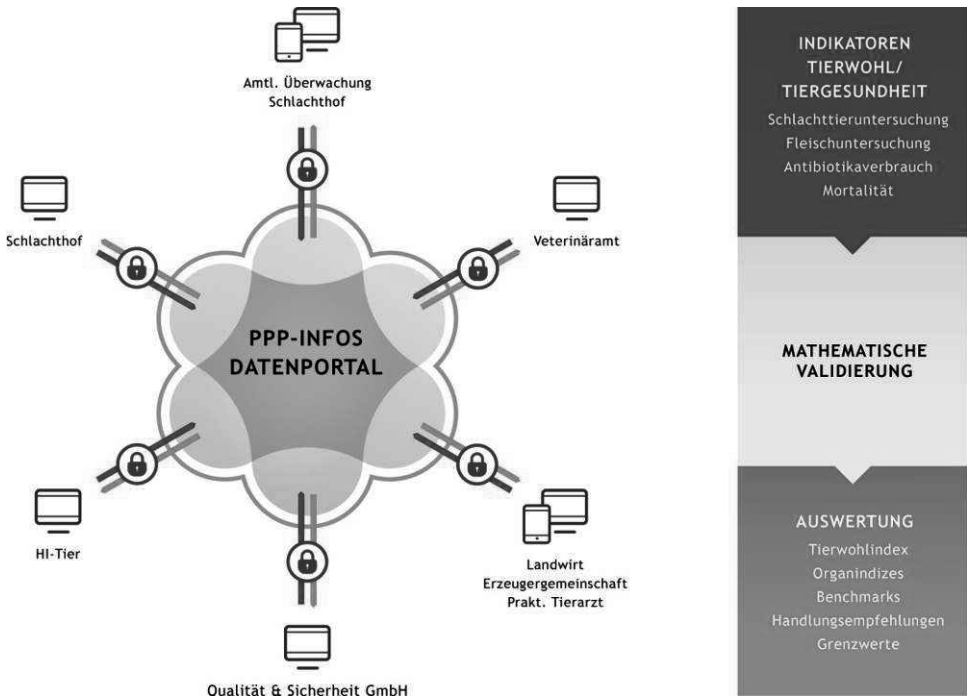


Abb.1: Schematische Darstellung des Portals inklusive Stakeholder und Datenflüsse

3 Arbeitsplan

Das Projekt gliedert sich in sechs technische und fachliche Arbeitspakete.

In Arbeitspaket 1 werden in Zusammenarbeit mit den am Projekt beteiligten Datenlieferanten alle vorhandenen Daten mit Bezug auf das Tierwohl und die Tiergesundheit aus tierärztlicher Sicht beurteilt und auf ihre Nutzbarkeit für das geplante Vorhaben überprüft.

Anschließend werden in Arbeitspaket 2 aus der Vielzahl der vorhandenen Daten Variablen ausgewählt, welche für Aussagen zur Tiergesundheit und zum Tierwohl in Tierhaltungen relevant sind und für eine Auswertung und Berichterstattung herangezogen werden können. Des Weiteren werden die Variablen und Rohdaten mit den Aussagen und Grundlagen der bestehenden Tierwohlprogramme im Schweinefleischbereich verglichen.

Basierend auf den Erkenntnissen aus den ersten beiden Arbeitspaketen wird in AP 3 durch die BALVI GmbH ein datenschutzkonformes Dateninformationssystem konzipiert. Das Hauptaugenmerk bei der Gesamtarchitektur liegt auf der Entwicklung eines modularen Softwaresystems, das auf die Anforderungen der Projektpartner und Datenlieferanten/Datenempfänger eingehen kann. Auch Aspekte des Datenschutzes und der Datensicherheit werden in diesem Zusammenhang schwerpunktmäßig bearbeitet. Für die zentralen Komponenten des Systems kommen ausgereifte Web-Technologien zum Einsatz, um einen stabilen und gesicherten Informationsaustausch zwischen allen angeschlossenen Benutzern und dem Softwaresystem zu realisieren.

Im Rahmen des Projektes werden im vierten Arbeitspaket Konzepte für die notwendigen Kommunikations- und Auswertungsdienste des Dateninformationssystems entwickelt.

Die Entwickler der BALVI GmbH erstellen in Arbeitspaket 5 ein lauffähiges Programm, welches einige aussagekräftige fachliche Anwendungsfälle umsetzt und somit die technische Machbarkeit des Vorhabens aus veterinärmedizinisch-fachlicher Sicht überprüfbar macht. Außerdem werden ausgewählte Funktionen des Dateninformationssystems und der Kommunikationsdienste für den Datentransfer umgesetzt, um wesentliche Anforderungen an Performance, Sicherheit und Administrierbarkeit durch die beteiligten Projektpartner prüfen zu können.

Im letzten Arbeitspaket findet eine Validierung der Nutzbarkeit statt. Außerdem lassen sich mithilfe der im Projekt identifizierten Indikatoren und den daraus im Projekt entwickelten Indizes konkrete Konsequenzen für die Tierhaltung ableiten.

4 Ausblick

Auf der Basis der Projektergebnisse soll ein praxistaugliches, kommerzielles Softwareprodukt entstehen und dauerhaft betrieben werden. Das angestrebte Marktsegment beinhaltet Verbände, Schlachthöfe, Nutztierhalter, Bestandstierärzte, Qualitätssicherungssysteme, Markenfleisch- und Tierschutzprogramme sowie Behörden und Institutionen in der gesamten Bundesrepublik Deutschland: In diesem System werden relevante Daten zu Nutztieren aus vorhandenen IT-Systemen bzw. Daten in bisher nur schriftlicher Form der Wertschöpfungskette und der behördlichen Überwachung zusammengebracht und ausgewertet. Die Daten sind in Verbindung mit den Auswertungsergebnissen geeignet, Empfehlungen für die Verbesserung der Haltungs- und Transportbedingungen der Tiere zu generieren. Diese Empfehlungen werden über geeignete Beratungsinstitutionen wie Erzeugergemeinschaften und bestandsbetreuende Tierarztpraxen den betroffenen Nutztierhaltern übergeben oder auch von den Nutztierhaltern direkt abgerufen. Daneben können mit Hilfe des sinnvoll eingesetzten Systems schwere tierschutzrechtliche Verstöße aufgedeckt werden. Weiterhin entsteht mit der Zeit eine Datenlage, die für repräsentative, wissenschaftliche Forschung geeignet und hochgradig wertvoll ist.

Automatisierte, teilzeitspezifische Analyse von Maschinendaten am Beispiel der Bodenbearbeitung

Dietrich Kortenbruck¹ und Hans W. Griepentrog¹

Abstract: Operation profiles are used for machine design and testing by representing the demands that lead to a certain machine load. Due to the complexity of machine and implement use the determination of operation profiles is expensive and time consuming. Within the present project a method has been developed to simplify the creation of operation profiles by using machine communication messages from standardized ISO11783 interface and GNSS data. This approach also allows an analysis of machine parameters regarding specific time fractions. To show the capabilities of the presented method field experiments have been conducted with a tractor plough system for soil tillage.

Keywords: Einsatzprofile, Arbeitszeitanalyse, Zeitschema, ISOBUS, Bodenbearbeitung.

1 Einleitung

Die Einsatzbedingungen landwirtschaftlicher Maschinen sind bedingt durch unterschiedliche Flächenstrukturen, Betriebsstrukturen oder Umwelteinflüsse wie Bodeneigenschaften oder das Wetter untereinander nur schwer zu vergleichen. Diese hohe Variabilität, erschwert eine großflächige messtechnische Erfassung und Analyse. Die Einsatzbedingungen einer Maschine können in einem Einsatzprofil zusammengefasst werden um eine bessere Vergleichbarkeit verschiedener Maschineneinsätze zu ermöglichen. Nach der Definition von Olfe und Schön (1984) sollte ein Einsatzprofil unter anderem die technische Daten der eingesetzten Maschinen, die Arbeitszeiten und den Kraftstoffverbrauch beinhalten [OS84].

Durch die standardisierte CAN-Kommunikation nach ISO11783 auf modernen Landmaschinen sind mittlerweile viele Maschinenparameter während des Einsatzes einfach erfassbar, die zuvor nur durch aufwändige Installation von Messtechnik zu ermitteln waren. Derzeit fehlen jedoch Methoden diese Werte automatisiert auszuwerten und zur Optimierung des Maschineneinsatzes hinsichtlich Verfahrensleistung, Arbeitszeitbedarfes oder Energieeffizienz zu nutzen. Im vorliegenden Projekt wurde eine Software entwickelt, die im Betrieb aufgezeichnete Maschinen- und Positionsdaten automatisiert auswertet, in ein Arbeitszeitmodell einordnet und in einem Einsatzprofil zusammenfasst. Zusätzlich zur reinen Zeitanalyse werden den ermittelten Teilzeiten Maschinenparameter zugeordnet. Dadurch wird eine wesentlich differenziertere Betrachtung von Maschineneinsätzen ermöglicht.

¹ Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fg. Mess- und Prüftechnik (440c), Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart, dietrich.kortenbruck@uni-hohenheim.de

2 Material und Methoden

Für das vorgestellte Experiment wurde ein *John Deere 6210R* mit einem aufgesattelten *Lemken* Vierschar-Pflug mit einem *RM Michalides 5102 GPS* Datenlogger ausgerüstet. Ein CAN-Kanal des Datenloggers wird über die ISOBUS-Steckdose in der Fahrerkabine (In-Cab Connector) nach ISO11783 mit der Maschine verbunden. Die Daten werden auf einer 16GB SDHC Karte gespeichert. Durch den einfachen Anschluss des Datenloggers an die vorhandene ISOBUS-Schnittstelle und die Verwendung einer GNSS-Antenne mit Magnetfuß wird eine schnelle und einfache Installation des Datenerfassungssystems gewährleistet. Die gespeicherten Kommunikationsdaten wurden im Wesentlichen nach der von Kortenbruck (2014) vorgestellten Methodik ausgewertet [KGH14]. Es wurden jedoch zusätzliche Funktionen hinzugefügt um die ermittelten Teilzeiten mit den korrelierenden Maschinendaten zu verknüpfen.

3 Ergebnisse

Im Folgenden wird die Auswertung der Betriebsdaten anhand eines Einsatztages durchgeführt. Tab. 1 zeigt die an diesem Tag bearbeiteten Schläge mit den dazugehörigen Flächen sowie Entfernungen.

	Fläche [ha]	Hof-Feld Entfernung [km]	Feld-Feld Entfernung [km]
Schlag 1	2,95	0,45	1,45
Schlag 2	0,33	0,9	0,78
Schlag 3	0,40	1,14	0,73
Schlag 4	0,35	1,3	1,05
Schlag 5	0,38	1,8	1,20
Mittelwert	0,88	1,12	1,04
Summe	4,41		

Tab. 1: Flächen der Schläge und Entfernungen zum Hof und zwischen den Schlägen

Die kurzen Wegstrecken sowie kleinen Schlaggrößen des Versuchsbetriebes entsprechen im Wesentlichen den regionalen Gegebenheiten.

3.1 Ergebnis der Arbeitszeitanalyse

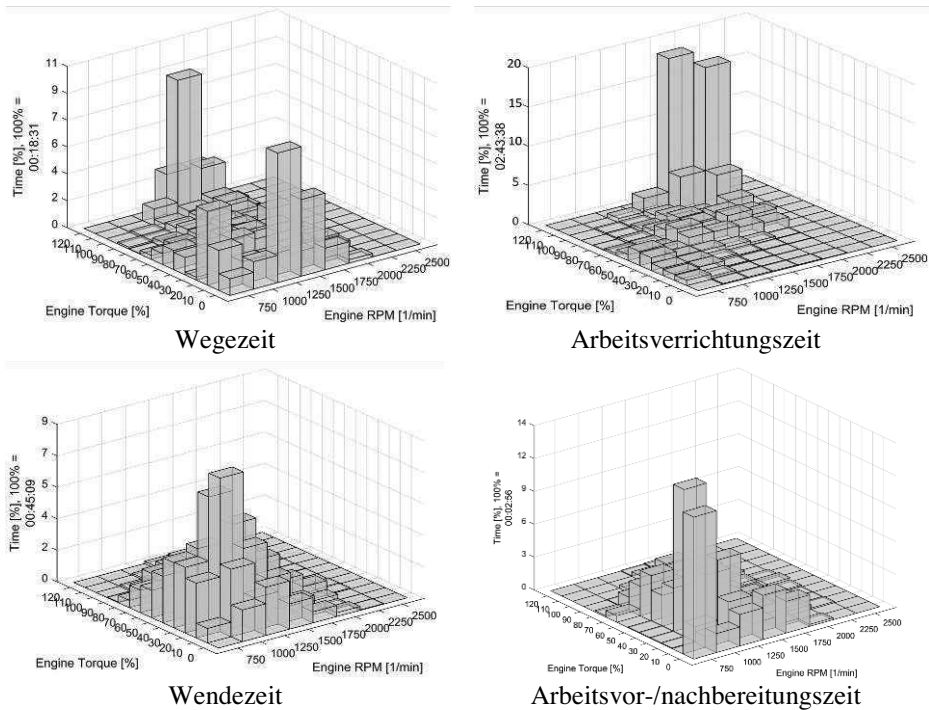
Das Ergebnis der Arbeitszeitanalyse ist in Tab. 2 dargestellt. Die Gesamtbetriebszeit der Maschine beträgt für diesen Einsatz 04:39:22 h. Unter der „Sonstigen Wegezeit“ sind Warte- oder Störzeiten auf der Straße zusammengefasst. Die „Sonstige Feldzeit“ entspricht Warte- oder Störzeiten auf dem Feld. Das zugrundeliegende Arbeitszeitmodell wurde in Anlehnung an das KTBL Arbeitszeitmodell 2013 erstellt [WF14].

Teilzeit	Zeitanteil [%]
Arbeitsvor-/nachbereitungszeit	1
Wegezeit	8
Sonstige Wegezeit	4
Arbeitsverrichtungszeit	58
Wenden	16
Sonstige Feldzeit	13

Tab. 2: Ergebnis der Arbeitszeitanalyse

3.2 Ergebnisse der teilzeitspezifischen Maschinendatenanalyse

Die automatisierte Datenauswertung erlaubt eine einfache Zuordnung von Maschinenparametern zu den Teilzeiten sofern diese auf dem ISOBUS verfügbar sind. Tab. 3 zeigt exemplarisch den Motorbetriebspunkt für ausgewählte Teilzeiten. Es ist deutlich zu sehen, dass in den verschiedenen Teilzeiten unterschiedliche Anforderungen an die Maschine gestellt werden. Eine vergleichbare Auswertung kann auch hinsichtlich anderer Maschinenparameter erfolgen.



Tab. 3: Darstellung der Verweildauer im Motorkennfeld bei verschiedenen Teilzeiten.

4 Diskussion und Ausblick

Die beschriebene Methodik konnte ihr Potential bei der automatisierten Datenauswertung im vorgestellten Experiment unter Beweis stellen. Der Einsatz des Systems hat gezeigt, dass die Vielzahl an verfügbaren Parametern eine umfassende Analyse des Arbeitseinsatzes bei gleichzeitig geringem Installationsaufwand ermöglicht. Beispielsweise kann die Auslastung von Maschinen in den verschiedenen Teilzeiten verglichen werden, was dem Anwender Hilfestellung bei der Auswahl der optimalen Arbeitsmaschine für zukünftige Einsätze geben kann. Dennoch sind im Hinblick auf eine vollständige Automatisierung – von der Datenerfassung bis zur hier gezeigten Auswertung – noch einige Hürden zu bewältigen. Insbesondere die Arbeitsbreite und Arbeitsstellung von Geräten die über keine ISOBUS-Schnittstelle verfügen müsste dem System zur Verfügung stehen. Hier könnte, gerade in Hinblick auf eine großflächige Datenerfassung, ein funkbasiertes Geräteerkennungssystem Abhilfe schaffen.

Analog zur „Digitalisierung des Autos“ ist zukünftig auch auf dem Sektor der mobilen Arbeitsmaschinen eine großflächigen Erfassung und Speicherung von Betriebsdaten zu erwarten. Hochskaliert kann die vorgestellte Methodik dazu beitragen die erfassten Datenmengen im Sinne des „Big Data“ zu analysieren und für die weitere Verwendung aufzubereiten. Die so bereitgestellten Informationen können dem Anwender dabei helfen seine Produktionsprozesse zu analysieren und zu optimieren. Auch bei der Entwicklung von Landmaschinen erlaubt die Berücksichtigung von Einsatzprofilen eine Anpassung der Maschinen an den realen Einsatz. Gerade im Bereich der Betriebsfestigkeitsuntersuchung kann eine genaue Kenntnis der Einsatzbedingungen die Genauigkeit der Kalkulation verbessern was positive Auswirkungen auf Lebensdauer und Zuverlässigkeit von Maschinen haben kann [Pa15].

Literaturverzeichnis

- [KGH14] Kortenbruck D.; Griepentrog, H.W.; Holzhauer, A.: Ermittlung von Einsatzprofilen durch automatisierte Arbeitszeitanalyse an Landmaschinen. In: VDI-MEG Tagung Land.Technik, (VDI-Verlag), Düsseldorf; S. 227-235, 2014.
- [OS84] Olfe, G.; Schön, H.: Einsatzzeiten von Schleppern bei unterschiedlichen betrieblichen Verhältnissen. Grundlagen der Landtechnik Bd. 34 (1984) Nr. 6, S. 236-243, 1984.
- [Pa15] Paraforos, D. et.al.: Methodology for accelerated durability testing of agricultural machinery. In: VDI-MEG Tagung Land.Technik, (VDI-Verlag), Düsseldorf; S. 323-330, 2015.
- [WF14] Winkler, B., Frisch, J.: Weiterentwicklung der Zeitgliederung für landwirtschaftliche Arbeiten. In (Leibnitz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. Hrsg.): Arbeitswissenschaften im Landbau – Bornimer Agrartechnische Berichte – Heft 83, Potsdam-Bornim/Dresden, S. 14-21, 2014

Evidenzkarten-basierte Sensorfusion zur Umfelderkennung und Interpretation in der Ernte

Timo Korthals¹, Andreas Skiba², Thilo Krause² und Thorsten Jungeblut¹

Abstract: Unser Ansatz zur Umfelderkennung in der Ernte basiert auf den Arbeiten zu Evidenzkarten von Elfes und Moravec. In einfacher Form kommen Evidenzkarten als „Occupancy Grid Maps“ in der Roboternavigation und Kollisionsvermeidung zur Anwendung. Sie stellen auf Grund der effizienten Verarbeit- und Interpretierbarkeit noch immer den Stand der Technik für aktuelle, autonome Roboter- und Automobilsysteme dar. Die Ansätze aus der Robotik nutzen wir im Rahmen unserer Arbeit und erweitern diese zur Anwendung in der Erntesituation, indem einzelne Karten die Wahrscheinlichkeit einer Eigenschaft des Umfeldes der Erntemaschine (Masten, Gräben, große Steine etc.) repräsentieren.

Keywords: Evidenzkarten, Sensorfusion, Umfelderkennung, Kartografierung

1 Einleitung

Erntemaschinen bewegen sich als komplexe, mobile Verarbeitungseinheiten biologischer Produkte in einem ständig wechselnden, unstrukturierten Umfeld. Sowohl für die Absicherung des Interaktionsraumes der Maschine als auch zur Steigerung der internen Prozessabläufe ist eine automatisierte Erkennung des Umfelds von großer Bedeutung.

Hindernisse vor dem Schneidwerk oder Implement sind oft durch das Erntegut verdeckt und stellen ein Gefahrenpotenzial dar. Bei Kollisionen muss mit Schäden an Mensch und Tier gerechnet werden, weiterhin kann es durch Schäden an Maschinen zu teuren Ausfallzeiten kommen. Hierbei ist zwischen stationären (Masten, Gräben, große Steine, etc.) und beweglichen (Menschen, Tiere, Maschinen, etc.) Hindernissen zu unterscheiden. Bedingt durch die Geometrie der Maschinen und die damit verbundene eingeschränkte Sicht auf das Umfeld, besteht bei Rangierfahrten oder Wendemanövern zusätzlich eine erhöhte Kollisionsgefahr. Eine intelligente Umfelderkennung hilft hier, Schäden zu verhindern. Diese Arbeit beschreibt unseren Ansatz zur Umfelderkennung in der Ernte, basierend auf den Arbeiten zu Evidenzkarten von Elfes und Moravec [El92].

¹ Universität Bielefeld, Kognitronik und Sensorik, Inspiration 1, 33619 Bielefeld,
{tkorthals, tj}@cit-ec.uni-bielefeld.de

² CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH, Münsterstr. 33, 33428 Harsewinkel,
{andreas.skiba, thilo.krause}@claas.com

2 Evidenzkarten im Ernteszenario

Eine Evidenzkarte ist ein Kartenstapel bestehend aus zweidimensionalen Gitterkarten, in denen die Umgebung der Erntemaschine äquidistant diskretisiert wird. Eine Karte innerhalb des Evidenzkartenstapels repräsentiert die Wahrscheinlichkeit der Anwesenheit einer einzelnen semantischen Eigenschaft (z.B. Hindernisse oder Bestandskanten) des Umfeldes der Erntemaschine [Ko15] (siehe Abb. 1). Jeder diskreten Zelle m innerhalb der Karte wird ein kontinuierlicher Wahrscheinlichkeitswert $P(m)$ im Intervall $0 < P(m) < 1$ zugewiesen (siehe Abb. 1). Dieser Wert gibt an, ob eine Eigenschaft dieser Zelle zugeschrieben werden kann ($P(m) > 0,5$), nicht vorhanden ist ($P(m) < 0,5$), oder keine Aussage darüber getroffen werden kann ($P(m) = 0,5$). Das Einbetten neuer Sensordaten $z \in Z$ in die bestehende Karte, welche auf Basis der vorher-gegangenen Messungen $Z \setminus z$ aufgebaut wurde, geschieht anhand des „Occupancy Grid Map“ Algorithmus: $P(m|Z) / (1 - P(m|Z)) = P(m|Z \setminus z) / (1 - P(m|Z \setminus z)) \cdot P(m|z) / (1 - P(m|z))$. Der Vorteil dieses Algorithmus ist die Onlinefähigkeit, welche die Fusion des bereits bestehenden Datensatzes mit neu eintreffenden Sensordaten zur Laufzeit erlaubt, solange diese Daten als sogenanntes inverses Sensormodel (ISM) $P(m|z)$ vorliegen.

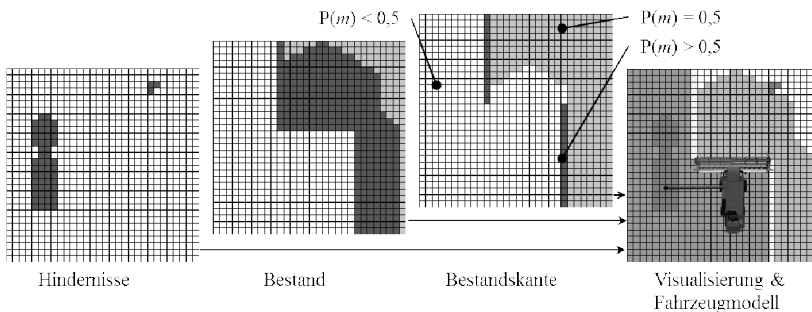


Abb. 3: Evidenzkarten unterschiedlicher Eigenschaften (Hindernisse, Bestand, Bestandskante) aus dem Evidenzkartenstapel und deren farblich überlagerte Visualisierung

Die **Evidenzkarten** beschränken sich in unserem Ernteszenario von ihren physikalischen Ausmaßen auf eine „Region of Interest“ (ROI) um das Erntefahrzeug herum. Die ROI wird festen, globalen Koordinaten zugeordnet und ändert ihre Position nicht. Das Fahrzeug bewegt sich innerhalb der ROI, wobei die Evidenzkarte anhand eines ISM aktualisiert wird. Für die Beeinflussung des Dreschverhaltens können die Informationen aus der Evidenzkarte wieder abgerufen werden, um zum Beispiel das Dreschen von Fremdbestand durch selektives Anheben des Schneidwerkes zu vermeiden.

Sobald sich die Erntemaschine dem Rand der ROI nähert, wird sie neu zentriert und ein neuer Kartenabschnitt angelegt. Hierzu werden die alten Karten entsprechend verschoben, so dass die Sensorfusion kontinuierlich fortlaufen kann. Der neue Teilabschnitt der Evidenzkarte wird entweder mit unbekanntenen Werten, oder mit bereits für diesen Ort bekannten Informationen initialisiert.

Das **Inverse Sensormodel** (ISM) ist das Resultat einer intelligenten Sensordatenverarbeitung und stellt eine einheitliche Sensordatenschnittstelle dar, welche wiederum eine Evidenzkarte ist (siehe Abb. 2). Hierzu werden die Daten eines einzelnen oder mehrerer Sensoren dazu verwendet, das ISM zu erstellen. Der hierzu verwendete Algorithmus wird als neuer virtueller Sensor definiert, während die Kombination aus einem oder mehreren Sensoren und Algorithmen als intelligenter Sensor bezeichnet wird. Das ISM muss für jeden Sensor speziell angepasst werden, sodass die Daten bestmöglich die zu erkennende Eigenschaft in der Kartenebene darstellen können. Dafür kann entweder empirisches Wissen über das Verhalten der Sensordaten oder ein Lernverfahren auf Basis von annotierten Daten verwendet werden [Th05, Ko11].

Zur **Sensordatenfusion** muss das ISM mit einer entsprechenden Karte aus dem Evidenzkartenstapel der ROI verrechnet werden. Da das ISM jedoch eine andere Auflösung haben kann oder sich in einem beliebigen Koordinatensystem befindet, muss zunächst das ISM in das ROI-Koordinatensystem transformiert werden. Danach können die jeweils überlappenden Zellen miteinander fusioniert werden.

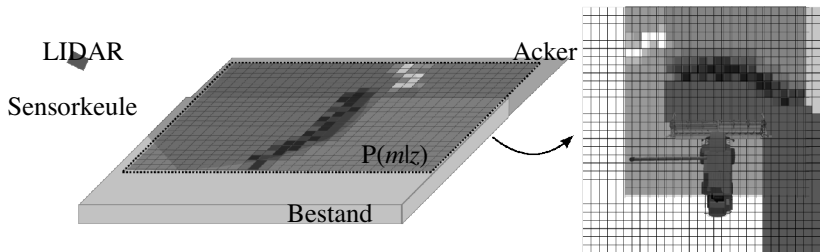


Abb. 4: Messaufbau mit überlagertem Inversem Sensormodel (ISM) für Bestandswahrscheinlichkeit im Maschinenkoordinatensystem anhand eines LIDARs in Anbauhöhe der Fahrerkabine (links) und einzubettendes ISM im ROI (rechts)

In unseren aktuellen Arbeiten wird der Algorithmus mit unterschiedlichen Laserscanner- und Kameradaten versorgt, welche um das Fahrzeug angebracht sind und die Umgebung erfassen. Es werden algorithmisch unterschiedliche ISM auf Basis der Rohdaten zur Laufzeit erzeugt, um die Evidenzkarten, bestehend aus den Repräsentationen für Bestandseigenschaften, Hindernisse, Beiwuchs und Fahrspur, aufzubauen.

3 Systemarchitektur der Datenverarbeitung

Zur Bereitstellung und Verarbeitung der Daten wird eine eventbasierte Architektur verwendet, die mittels dem „Robotic Service Bus“ (RSB) realisiert wurde [Wi13]. Sobald neue Daten eines Sensors eintreffen, werden diese innerhalb eines TCP/IP basierenden Netzes zur Verfügung gestellt. Die Sensordatenverarbeitung greift diese Daten ab und erstellt das ISM daraus, welches wiederum von der Sensordatenfusion in die Evidenzkarte überführt wird. Die jeweils aktuelle Evidenzkarte kann dann zur Anzeige oder Inferenz abgefragt werden (siehe Abb. 3).

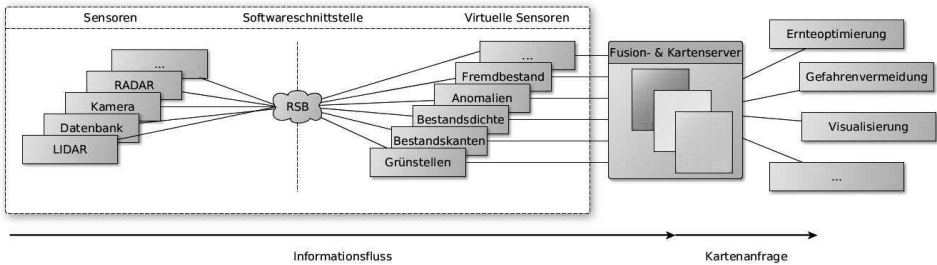


Abb. 5: Architekturübersicht der eventbasierten Kommunikation zwischen den Komponenten

4 Zusammenfassung und Ausblick

Unser Beitrag ist die Beschreibung unserer Realisierung eines neuartigen Ansatzes von der Datenakquise bis zur Sensordatenfusion und Bereitstellung der Informationen als Evidenzkarten in einem Ernteszenario. Anhand der Visualisierung der Evidenzkarte ist der Fahrer im Stande Eigenschaften des Umfeldes zu erkennen, welche entweder nur schwer (z.B. Verdeckung der Sicht) oder gar nicht (z.B. nicht-sichtbarer Pilzbefall im optischen Spektrum) von der Fahrerkabine aus zu erfassen sind. In unseren aktuellen Arbeiten wurde das vorgestellte System auf einer Erntemaschine implementiert und im Einsatz getestet, wodurch die funktionalen Eigenschaften unseres Beitrages bestätigt werden konnten. In weiteren Arbeiten sollen die Evidenzkarten zur Ernteoptimierung, Statistikerhebung, und Gefahrenabwehr verwendet werden. Zukünftig werden auch weitere Informationsquellen akquiriert, wie bereits vorhandene Kartenbestände oder weitere Erntemaschinen, um die Qualität der Evidenzkarten zu maximieren.

Literaturverzeichnis

- [El92] Elfes, A.: Dynamic control of robot perception using multi-property inference grids, 1992
- [Th05] Thrun, S., Burgard, W., Fox, D.: Probabilistic Robotics. Intelligent robotics and autonomous agents, MIT Press, 2005
- [Ko11] Kohlbrecher, S.: Grid-based occupancy mapping and automatic gaze control for soccer playing humanoid robots. 2011
- [Wi13] Wienke, J.: Moringen J.: Wrede S.: RSB – Robotics Service Bus, 2013
- [Ko15] Korthals, T.: Krause, T.: Rückert, U.: Evidence Grid Based Information Fusion for Semantic Classifiers in Dynamic Sensor Networks, 2015

Datensicherheit: Die nächste große Herausforderung in der modernen Landtechnik?

Franz Kraatz¹, Frank Nordemann¹ und Ralf Tönjes¹

Abstract: Der wirtschaftliche Druck in der Landwirtschaft mit weniger Ressourcen höhere Erträge zu erwirtschaften hat zu einer zunehmenden Automatisierung und Industrialisierung agrartechnischer Prozesse geführt. Die Vernetzung von kooperativen Agrarprozessen verfügt über außerordentliches wirtschaftliches Potenzial, birgt aber auch große Gefahren für die Datensicherheit. Daten werden vielfach nicht durch den Dateneigentümer erfasst, sondern von beauftragten Dienstleistern (z.B. von Lohnunternehmen). Bei einer Datenerfassung durch Dienstleister sind Datenzugriffe nicht kontrollierbar und nachträgliche Datenmanipulationen nicht auszuschließen. Datensicherheitslösungen aus anderen Wirtschaftsbereichen lassen sich nur unzureichend auf die Landtechnik übertragen. Dieser Beitrag stellt ein Basiskonzept zur bereichsübergreifenden Datensicherheit in der Landtechnik vor. Das Ziel des Konzeptes ist, die Datenhoheit durch den Eigentümer zu jeder Zeit zu gewährleisten und ausgewählte Prozessdaten manipulationssicher zu dokumentieren.

Keywords: Kooperative Agrarprozesse, Datensicherheit, Privatsphäre

1 Daten in kooperativen Agrarprozessen

Während der Ausführung von Agrarprozessen nehmen Landmaschinen über den herstellereübergreifenden ISOBUS unterschiedlichste Daten in Form von Messwerten auf. Durch erfasste Daten zu Erträgen oder tatsächlichen Ausbringmengen können Prozesse optimiert und z.B. durch Applikationskarten mit teilflächenspezifischen Applizierungsangaben effizient gedüngt werden. Auch die Dokumentation zur Einhaltung von gesetzlichen Auflagen (z.B. Nährstoffbilanzen) erfolgt auf Basis der erfassten Daten, indem der applizierte Dünger ins Verhältnis zum Ertrag gesetzt wird. Eine Datenübertragung von Landmaschine zu Landwirt erfolgt meist ohne zwischengeschaltete Stationen. Allerdings erfahren Datendrehscheiben zum Datenaustausch zwischen Prozessakteuren eine steigende Verbreitung. Bislang finden bei der Übertragung und Verarbeitung dieser für den Landwirt sehr wichtigen Daten nur sehr geringe bis keine Datensicherheitsmechanismen Verwendung. Zudem werden Daten des Landwirts von unterschiedlichsten Systemen und Akteuren (Datendrehscheiben, Lohnunternehmen, Dienstleistern) erfasst und verarbeitet. Unberechtigte Datenzugriffe und Datenmanipulationen werden nicht ausgeschlossen. Es fehlt ein akteurübergreifendes, verteiltes Rechtemanagement, um den Datenzugriff in einer verteilten Umgebung mit unterbrechungsbehafteter Kommunikation zu sichern. Auch rechtliche Vorgaben zur lückenlosen Nachweispflicht werden eine manipulationssichere Datenerfassung erfordern.

¹ Hochschule Osnabrück, Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik, Albrechtstr. 30, 49076 Osnabrück, Deutschland, f.kraatz;f.nordemann;r.toenjes@hs-osnabrueck.de

2 Datensicherheit in anderen Wirtschaftsbereichen

Die Grundlage für digitale Datensicherheit bilden *symmetrische und asymmetrische Verschlüsselungstechniken*. Der Unterschied beläuft sich auf die Verwendung eines Schlüssels bei symmetrischen Verfahren und dem Einsatz eines Schlüsselpaares bei asymmetrischen Verfahren. Beide Verfahren besitzen Vor- und Nachteile, weshalb sich z.B. für die sichere Datenkommunikation im Internet eine Mischform etabliert hat. Zur eindeutigen Zuordnung von öffentlichen Schlüsseln zu Kommunikationspartnern haben sich *digitale Signaturen* etabliert. Hier werden die Schlüsselpaare der asymmetrischen Verschlüsselung in umgekehrter Reihenfolge verwendet. Eine vertrauenswürdige Instanz signiert den öffentlichen Schlüssel des Kommunikationspartners. Das Verfahren wird bei Bankkarten eingesetzt, um Überweisungen digital zu unterschreiben. Ein zentrales Problem bei der Verteilung digitaler Daten ist die Gewährleistung der Datenhoheit. Die Medienindustrie realisiert Video- und Musikstreaming über gekapselte Softwareumgebungen, die mit *Digital Rights Management (DRM)* [Sta03] Datenzugriffe kontrollieren. Diese Mechanismen erlauben auch ohne stetige Kommunikationsverbindung den Datenzugriff (*Offline-Modus*). Um Daten mit Gruppen zu teilen kann die *Attribute Based Encryption (ABE)* [LW11] eingesetzt werden. So können Ärzte oder Krankenschwestern je nach Gruppenzugehörigkeit auf die digitale Patientenakte zugreifen.

In zur Landtechnik verwandten Wirtschaftsbereichen ist ein deutlich gestiegenes Bewusstsein für Datensicherheit zu erkennen. *Stuxnet* hat verdeutlicht, dass auch Industrieanlagen durch Cyberangriffe bedroht werden. Mit *Industrie 4.0* wird die Automatisierung industrieller Prozesse gesteigert. Dabei rückt das Thema Datensicherheit in den Fokus, weshalb das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) eine Reihe von Anforderungen und Testempfehlungen für Hersteller erarbeitet hat [BSI14]. In der Automobilindustrie werden unter dem Begriff *Car-to-X* Verkehrsinformationen ausgetauscht und Autos vermehrt direkt oder über Smartphones an das Internet angebunden. Damit ist das Fahrzeug kein geschlossenes Kommunikationssystem mehr und Sicherheitslücken können für Cyberangriffe [Sch15] missbraucht werden. Eine Übertragung bestehender Datensicherheitskonzepte aus anderen Bereichen (Bank- / Gesundheitswesen, Industrie 4.0) ist durch die Charakteristika der Landtechnik nicht ohne Einschränkung möglich. Agrarprozesse verfügen über heterogene und dynamisch ändernde Akteure und Komponenten, die in einer örtlich verteilten und mit Kommunikationsunterbrechungen versehenen Umgebung einen Auftrag bearbeiten. Dennoch soll die Datenhoheit über erfasste Daten zu jedem Zeitpunkt beim Auftraggeber liegen. Auch rechtliche Dokumentationsvorgaben müssen mit beschränkter Hardware eingehalten werden.

3 Basiskonzept zur Datensicherheit in der Landtechnik

Das entwickelte Basiskonzept zur Datensicherheit in Abb. 1 wird anhand des Agrarprozesses Flüssigmistausbringung erläutert. Dieser Anwendungsfall beinhaltet neben einer bedarfsgerechten Düngerverteilung auf einem Schlag auch die manipulationssichere

Dokumentation der Ausbringmengen, die an zuständige Behörden gemeldet werden. Der Agrarprozess wird zudem nicht durch den eigentlichen Landwirt, sondern durch einen beauftragten Lohnunternehmer bearbeitet und über eine Datendrehscheibe zugestellt.

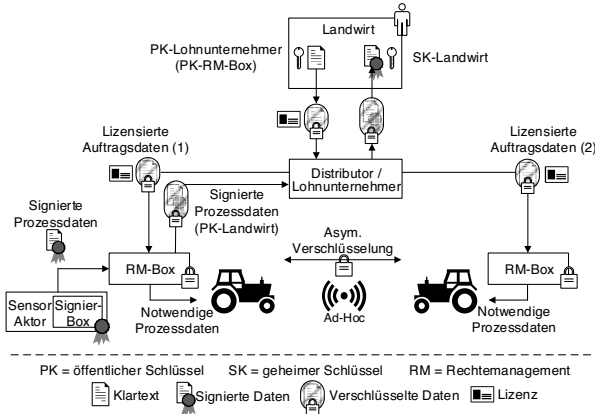


Abb.1: Basiskonzept zur Datensicherheit in der Landtechnik

Zur Wahrung der Datenhoheit durch den Dateneigentümer ist die Nutzung von *digitalen Lizenzen* für den **Zugriff auf Daten** vorgesehen. Der Eigentümer beschreibt in einer Lizenz, welchen Akteuren er für einen bestimmten Zeitraum ein Nutzungsrecht auf eine definierte Datenmenge einräumt. Auf diesem Weg kann ein Landwirt z.B. einen Datensatz über den Auftrag Flüssigmistdüngung einem Lohnunternehmer zukommen lassen und den Datenzugriff auf den Ausführungszeitraum begrenzen. Die Datensicherheit kann bei Bedarf durch Mechanismen der *Attribute Based Encryption (ABE)* weiter gesteigert werden, in dem für den Datenzugriff Attribute erfüllt sein müssen (z.B. Zugriffsort, Zugriffskomponente, etc.). Die Einhaltung der Nutzungslizenzen wird durch eine manipulationssichere Software zum **Datenzugriffmanagement** gewährleistet. Sie ist auf prozessteilnehmenden Geräten (PCs, mobile Geräte, Landmaschinenterminals) installiert oder kann als Hardwarebaustein (*RechteManagement-Box [RM-Box]*) realisiert werden. Die Software kapselt Datensätze auf den Geräten und regelt Zugriffe über Nutzungslizenzen. Der Zugriff auf Prozessdaten kann zur Laufzeit konfiguriert werden, um die Datenhoheit des Landwirts bei der Datenaufnahme durch einen Lohnunternehmer zu sichern. Die weitläufigen Umgebungen im Agrarbereich verlangen zudem ein funktionsfähiges RechteManagement ohne kontinuierliche Kommunikationsverbindung. Zu diesem Zweck ist ein zeitlich beschränkter *Offline-Modus* in der Software / der RM-Box vorgesehen. Die **Datensicherheit auf dem Übertragungsweg** wird zunächst durch die Verschlüsselung des Kommunikationspfades gewährleistet. Bekannte Mechanismen wie *HTTPS, WPA oder virtuelle Tunnel* bieten effektiven Schutz gegen das Abhören von Kommunikationsverbindungen. Zusätzlich integriert das Konzept Methoden zur *asymmetrischen Verschlüsselung mittels RSA*. Mithilfe von öffentlichen und privaten Schlüsseln kann ein Datensatz nur vom vorgesehen Empfänger (z.B. eine Person, eine Maschine, eine RM-Box) entschlüsselt werden. Möglichen Zwischenstationen auf dem Übertra-

gungsweg (Personen, Maschinen, Datendreh scheiben, etc.) bleibt die Entschlüsselung verwehrt. In einigen Fällen ist ein **uneingeschränkter Datenzugriff** erforderlich, durch den die Datenhoheit des Eigentümers nicht mehr zu gewährleisten ist. Ein Precision-Farming-Anbieter benötigt meist unbeschränkten Zugriff auf Boden- und Ertragskarten, um Applikationskarten zu berechnen. In derartigen Szenarien dienen *digitale Wasserzeichen* (*Watermarking*) als Hilfsmittel, um Missbrauchsstellen eindeutig zu identifizieren. Zur **manipulations sicheren Dokumentation von Prozessdaten** wird eine gesicherte Hardwareumgebung verwendet. Eine von einer vertrauenswürdigen Stelle geprüfte *Signier-Box* versieht Prozessdaten mit einer *digitalen Signatur*. Im Anwendungsfall Flüssigmistausbringung können Ausbringmengen von einer Behörde zweifelsfrei geprüft werden, da die Signatur eine spätere Datenmanipulation ausschließt. Reine Software-Lösungen sollten aufgrund größerer Angriffsmöglichkeiten vermieden werden.

4 Zusammenfassung

In Zukunft werden die von verschiedenen Akteuren erfassten und verarbeiteten Datenmengen in der Landtechnik weiter steigen. Die Datensicherheit wird zum entscheidenden Erfolgsfaktor bei der kooperativen Bearbeitung von Agrarprozessen. Eine einfache Übertragung von Sicherheitskonzepten aus anderen Wirtschaftsbereichen ist aufgrund der spezifischen Charakteristika der Landtechnik ausgeschlossen.

Das Basiskonzept für eine akteurübergreifende Datensicherheit in der Landtechnik setzt auf eine effektive Adaption und Kombination bewährter Sicherheitsmechanismen aus der Informations- und Kommunikationstechnik. Im Fokus der Konzeption steht die Wahrung der Datenhoheit des Eigentümers, der prozessbezogene Datenzugriff in einem verteilten Umfeld mit heterogenen Akteuren und die manipulationssichere Datendokumentation. Das Basiskonzept soll das Problembewusstsein in der Landtechnik schärfen und als Grundlage einer gemeinschaftlichen Diskussion zur Problemlösung dienen.

Literaturverzeichnis

- [BSI14] BSI: ICS-Security-Kompendium. 11/2014, <https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/ICS/ICS-Security-Kompendium-Hersteller.pdf> (19.11.2015).
- [Eck06] Eckert, C.: IT-Sicherheit - Konzepte, Verfahren, Protokolle. Oldenbourg, 2006.
- [LW11] Lewko, A.; Waters, B.: Decentralizing Attribute-Based Encryption. Proc. of 11th Int. EUROCRYPT Conf., Springer-Verlag, Heidelberg, S. 568-588, 2011.
- [Sch15] Schneider, D.: Jeep Hacking 101. IEEE Spectrum, 08/2015, <http://spectrum.ieee.org/cars-that-think/transportation/systems/jeep-hacking-101> (19.11.2015).
- [Sta03] Stamp, M.: Digital Rights Management - The Technology Behind the Hype. J. Electron Commerce Res., 4. Jg., Nr. 3, S. 102-112, 2003.

Konzept zur Beikrautregulierung im ökologischen Möhrenanbau auf Grundlage bildanalytischer Farberkennung

Frederik Langsenkamp¹, Arno Ruckelshausen², Maik Kohlbrecher¹, Mario Jenz² und Dieter Trautz¹

Abstract: Beikräuter stehen in direkter Konkurrenz zur Kulturpflanze um begrenzt verfügbare Ressourcen und stellen einen wesentlichen Faktor für Ertragsdepressionen im landwirtschaftlichen Pflanzenbau dar. Eine effiziente Regulierung des Beikrauts ist unerlässlich. Im ökologischen Möhrenanbau erfolgt die Beikrautregulierung praxisüblich mittels Traktor und Jäteflieger, unter hohem wirtschaftlichem Aufwand und mit konstanter Arbeitsgeschwindigkeit einheitlich auf der gesamten Fläche. Landwirtschaftliche Flurstücke unterliegen jedoch heterogenen Umweltbedingungen, der Aufwuchs von Beikräutern ist demnach räumlich differenziert. Eine teilflächen-spezifische Beikrautregulierung erscheint ökonomisch sinnvoll. Als Lösungsansatz erarbeitet wurde ein automatisiertes kosteneffizientes System in Anlehnung an das BoniRob-App-Konzept. Im Bereich der Bilderkennung und -verarbeitung, wird die Beikrautdichte anhand grüner Farberkmale erfasst und visuell dargestellt. Folge dessen können Rückschlüsse auf kleinräumig wechselnde Beikrautvorkommen und der notwendigen Bearbeitungsintensität gezogen werden. Diese Informationen dienen dem Fahrer der Traktor-Jäteflieger-Kombination zur Entscheidungsfindung die Geschwindigkeit des Jätefliegers an das jeweilige Beikrautaufkommen zu adaptieren. Untersuchungen zeigen, dass ein derartig durchgeführtes Verfahren eine zeitliche Vorteilswirkung gegenüber praxisüblichen Verfahren aufweist.

Keywords: Handjäte, Beikrautererkennung, Beikrautregulierung, Bilderkennung

1 Einleitung

Im landwirtschaftlichen Pflanzenbau konkurrieren Beikräuter und Kulturpflanze um limitierte Ressourcen wie Wasser, Licht und Nährstoffe. Das Resultat sind Ertragseinbußen und eine Beeinträchtigung des Funktionswerts der Fläche [Zw02]. Eine effiziente und ökonomisch sinnvolle Reduzierung des Beikrautaufkommens ist folglich wesentlicher Bestandteil der Ertragssicherung. In der konventionellen wie auch in der ökologischen Landwirtschaft werden Beikrautregulierungsstrategien meist einheitlich auf einer Fläche durchgeführt. Landwirtschaftliche Flurstücke unterliegen jedoch dem Einfluss von kleinräumig wirkenden Umweltbedingungen. Demzufolge ist auch ein ungleichmäßiger, örtlich differenzierter Aufwuchs von Beikräutern zu erwarten [No02]. Im konventionellen Pflanzenbau sind bereits Verfahren zur Beikrautdetektion und gekoppelte Ver-

¹ Hochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Am Krümpel 31, 49090 Osnabrück, frederik.langsenkamp@hs-osnabrueck.de

² Hochschule Osnabrück, Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik, Sedanstraße 26, 49076 Osnabrück, a.ruckelshausen@hs-osnabrueck.de

fahren zur teilflächenspezifischen Regulierung durch chemische Applikationen bekannt [GO06]. Neueste Entwicklung in diesem Segment zielen auf automatisierte, autonom navigierende Systeme [Sc14]. Daraus lassen sich ökonomische und ökologische Vorteilswirkungen ableiten. Im ökologischen Möhrenanbau erfolgt die intra-row und close-to-crop Beikrautregulierung, mittels Traktor, Jäteflieger und dem Praktizieren der Handjäte. Der Prozess erfolgt mit konstanter Arbeitsgeschwindigkeit. Hierbei entstehen hohe zeitliche und demnach wirtschaftliche Aufwendungen [Va08]. Ausgehend von der starken Gewichtung des Zeitaufwandes für den Jäteprozess ist dieser Faktor eine entscheidende Stellgröße im System, die es zu optimieren gilt. Durch die Projektion teilflächen- bzw. einzelpflanzenspezifischen Handlungsweisen auf das System „Jäteflieger“ kann eine Steigerung der Effizienz und Arbeitsqualität und ein möglicher wirtschaftlicher Zusatznutzen erzielt werden.

2 Material und Methoden

Als Lösungsansatz erarbeitet wurde ein automatisiertes kosteneffizientes System in Anlehnung an das BoniRob-App-Konzept [Ba13]. Demnach wurde ein App-Träger für den Drei-Punkt-Anbau am Traktor konzipiert, der die Norm des App-Einschubs des BoniRob-Konzepts erfüllt (vgl. Abb. 1). Die Applikation besteht aus Consumer-Webcam (Microsoft LifeCam Studio™), Industrie-PC (Typ C6920-40 BECKHOFF) und Drehgebereinheit (inkremental, WDG 40A WACHENDORFF). Die Software wurde auf der Grundlage von C# im VISUAL STUDIO 2012 programmiert. Die Pflanzendetektion erfolgt auf

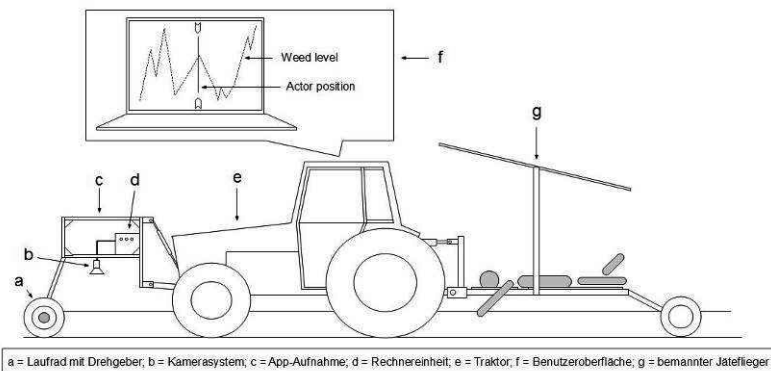


Abb. 1 Konzept zur Beikrautdetektion und- Regulierung im Anbausystem Bio-Möhren

Basis der Farbdifferenz zwischen Pflanzen (grün) und Bodenmaterial (grau, braun Töne). Die aufgenommenen Bilddaten werden auf eine „region of interest“ reduziert und das vorliegende RGB-Bild in den HSV-Farbraum (hue saturation value) konvertiert. Aus dem HSV-Farbbild wird im Anschluss ein Binärbild generiert. In diesem sind Pixel, die

entsprechendes Farbwinkelspektrum des Grünwertes belegen, als „weiße Pixel“ definiert, andernfalls als „schwarze Pixel“. Die durch beschriebene Verfahren extrahierten Pixel werden in Relation zur Gesamfläche in % ausgewiesen. mittels Drehgeberwerten wird der erfasste Grünwert in der GUI örtlich aufgetragen. Demnach ergibt sich eine fortlaufende Kurve die das variierende Beikrautaufkommen lokal unter Berücksichtigung der Akteurposition wiedergibt. Auf diesen Informationen basiert nun die Entscheidung des Fahrers die Geschwindigkeit (v) des Fahrzeugs an das Beikrautaufkommen zu adaptieren. Im Feldversuch unter Praxisbedingungen wurde ein Systemvergleich der konventionellen Handjäte mit Jäteflieger (konstante v , Variante 1) und kamerabasiertes System zur Beikrautdetektion (variabel an das Beikrautaufkommen adaptierte v , Variante 2) realisiert. Unter Praxisbedingungen sind auf einem Dammsystem Parzellen mit 6-facher Wiederholung je Variante randomisiert angelegt worden. Der Beikrautaufwuchs innerhalb der Parzellen ist natürlichen Ursprungs.³

3 Ergebnis

Abb. 2 zeigt die Ergebnisse des Feldversuchs. Der linke Graph stellt die v in km/h in Abhängigkeit der jeweiligen Variante und Wiederholung (Wdh) da.

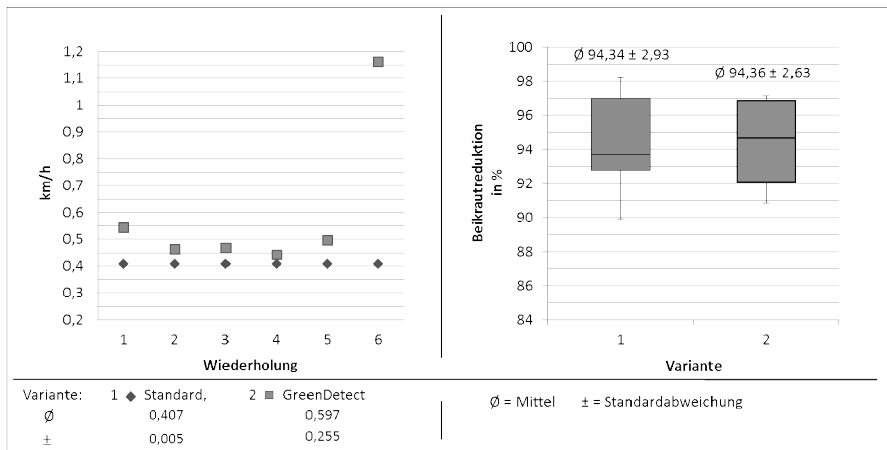


Abb. 2 Varianten und Ergebnis des Feldversuchs zur Beikrautdetektion

Variante 1 (linker Graph, Abb. 2 blau, Raute) verfährt mit konstanter v von 0,407 km/h mit Ausnahme der Wdh 4 bzw. 5 (0,408 km/h). Variante 2 (Abb. 2, linker Graph, rot, Quadrat) variiert in der Höhe der v je Wdh. von 0,444 km/h bis zu 1,163 km/h bei einem Mittel von 0,597 km/h und einer Standardabweichung (σ) von 0,255 km/h. Der rechte Graph (Abb. 2) stellt die Beikrautreduktion (y-Achse) in Abhängigkeit der jeweiligen

³ *Chenopodium album*, *Matricaria chamomilla* L., *Glechoma hederacea*, *Lamium purpureum*, *Convolvulus arvensis*, *Sinapis alba*, *Elymus repens* ssp. *repens*, BBCH-Stadium 10 bis 13.

Variante (x-Achse) da. Variante 1 (Abb. 2, rechter Graph) weist im Mittel eine Reduktion von 94,34 % bei einer σ von 2,93 %. In Variante 2 wird das Mittel der Reduktion auf 94,36 % mit einer σ von 2,63 % beziffert.

4 Diskussion

Die Ergebnisse des Versuchs zeigen eine Steigerung der Geschwindigkeit eines adaptiv wirkenden Systems gegenüber der konventionellen Variante. Im gleichen Zuge bleibt die Beikrautreduktion auf konstant hohem Niveau. Im Umkehrschluss bedeutet dies eine Effizienzsteigerung der zeitlichen Regulierungstätigkeit bei konstant hoher Arbeitsqualität. Bisher lag der Fokus teilflächenspezifischer Verfahren auf Anwendungen in konventionellen Systemen. Eine teilflächenspezifische Betrachtung der händischen Regulierungstätigkeit im ökologischen Möhrenanbau zeigt demnach mögliche ökonomische Vorteilswirkungen der Beikrautregulierung. Optimierungspotential ergibt sich aus der Integration der Drehgebereinheit ebenso wie die Wiedergabe der GUI in das Traktorsystem und die automatisierte Adaption der Geschwindigkeit an das Beikrautaufkommen.

Literaturverzeichnis

- [Ba13] Bangert, W. et al.: Field-Robot-Based Agriculture: "RemoteFarming.1" and "BoniRob-Apps". In (VDI Hrsg.): Conference: Agricultural Engineering, Landtechnik AgEng 2013. Components and Systems for better Solutions. VDI Verlag GmbH, Düsseldorf; S. 439–445, 2013.
- [GO06] Gerhards, R.; Oebel, H.: Practical experiences with a system for site-specific weed control in arable crops using real-time image analysis and GPS-controlled patch spraying. *Weed Research* 46, 3; S. 185–193, 2006.
- [No02] Nordmeyer, H.: Teilflächenbezogene Unkrautbekämpfung. Unkrautvorkommen. In (Zwerger, P.; Ammon, H. U. Hrsg.): Unkraut - Ökologie und Bekämpfung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart; S. 230–235, 2002.
- [Sc14] Scholz, C. et al.: Camera-based selective weed control application module ("Precision Spraying App") for the autonomous field robot platform BoniRob. In (Kaufmann, R. et al. Hrsg.): International Conference of Agricultural Engineering. AgEng 2014, 06.-10 July, Zurich, 2014.
- [Va08] Van der Weide, R. Y. et al.: Innovation in mechanical weed control in crop rows. *Weed Research* 48; S. 215–224, 2008.
- [Zw02] Zwerger, P.: Unkraut - Definition und Abgrenzung. In (Zwerger, P.; Ammon, H. U. Hrsg.): Unkraut - Ökologie und Bekämpfung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart; S. 10–12, 2002.

Forschungsdaten in den Agrarwissenschaften: Management und Publikation

Birte Lindstädt¹

Abstract: Der Beitrag zeigt auf welche Schritte notwendig sind und welche Aufgaben wahrgenommen werden müssen, um Forschungsdatenmanagement umfassend zu betreiben. Dazu wird der Lebenszyklus von Forschungsdaten herangezogen, der die Grundlage eines Datenmanagementplans darstellt. Für ausgewählte Phasen und Aufgaben im Lebenszyklus wird die Situation in den Agrarwissenschaften beleuchtet, der Sachstand dargestellt und auf erforderliche Schritte hingewiesen. Einleitend erfolgt ein Überblick über die Vorteile von Open Data und Data Sharing sowie über die Rahmensetzung der Forschungsförderer im Hinblick auf das projektbezogene Forschungsdatenmanagement.

Keywords: Forschungsdatenmanagement, Open Data, Data Sharing, Datenmanagementplan

1 Einleitung

Forschungsdaten sind „Data that are used as primary sources to support technical or scientific enquiry, research, scholarship, or artistic activity, and that are used as evidence in the research process and/or are commonly accepted in the research community as necessary to validate research findings and results [Co15].“ In jeder Disziplin muss auf Basis dieser grundlegenden Definition fachspezifisch festgelegt werden, was die jeweiligen Forschungsdaten sind. In den Agrarwissenschaften sind dies u.a. Messdaten (z.B. Sediment-Analyse-Daten, Temperatur-Angaben), Geodaten (z.B. GIS-Dateien), Genomdaten (z.B. Länge extrahierter Genome von Pflanzen), Interviews (z.B. mit Experten) oder Bilder (z.B. Fotos, Satellitenaufnahmen).

Im Sinne der „guten wissenschaftlichen Praxis“ sollen Forschungsdaten langfristig gesichert und offen zugänglich gemacht werden [De15]. Bei offen zugänglichen Forschungsdaten spricht man von Open Data. Open Data sind im Internet verfügbar, liegen in einem maschinenlesbaren Format vor und sind mit einer Lizenz versehen, die jedem erlaubt, sie zu nutzen und mit anderen zu teilen [Ca15]. Shared Data sind nicht notwendigerweise Open Data, wenn sie lediglich mit einem begrenzten Personenkreis, z.B. innerhalb eines Forschungsinstituts, geteilt werden.

Die wesentlichen Vorteile von Open Data liegen in der schnellen, weltweiten Verbreitung sowie in der Nachnutzbarkeit der Daten für weitere Forschungen. In den Agrarwissenschaften kann dies einen wichtigen Beitrag zur Lösung praktischer Probleme bei der

¹ ZB MED Leibniz-Informationszentrum Lebenswissenschaften, Abt. Digitales Publizieren / Forschungsdatenmanagement, Gleueler Str. 60, 50931 Köln.

Verbesserung der weltweiten Ernährungssituation leisten, indem Entscheidungen effektiver und effizienter getroffen werden können, Innovationen befördert und für alle zugänglich werden und Transparenz zu effektiveren Organisationsstrukturen führen [Ca15].

2 Rahmensetzung der Forschungsförderer

Sowohl auf nationaler Ebene als auch europäischer Ebene werden die Forderungen nach einem offenen Zugang zu Forschungsdaten stärker, wenn er derzeit auch noch nicht verpflichtend ist. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat Leitlinien zum Umgang mit Forschungsdaten formuliert, laut denen bereits in der Projektplanung Überlegungen zum Forschungsdatenmanagement erfolgen, die Daten zeitnah bereitgestellt und für mindestens 10 Jahre archiviert werden sollen. Die Kosten für das Forschungsdatenmanagement können mit einem Antrag bei der DFG eingeworben werden [De15]. Auf europäischer Ebene hat die Europäische Kommission im Rahmen des aktuellen Förderprogramms Horizon 2020 einen sog. Open Data Pilot aufgelegt. Teilnehmende Projekte werden verpflichtet einen Datenmanagementplan aufzustellen [Eu15].

3 Initiativen für Forschungsdatenmanagement und Open Data in den Agrarwissenschaften

In Deutschland wird dem Thema Forschungsdaten in den Agrarwissenschaften erst seit relativ kurzer Zeit eine Bedeutung zugemessen. Sowohl der Deutsche Bauernverband als auch die Deutsche Agrarforschungsallianz beschäftigten sich beispielsweise im Rahmen ihrer Fachtagungen im Herbst 2015 mit „Big Data“ und den daraus resultierenden Chancen und Risiken für die Landwirtschaft. International wird das Thema seit einigen Jahren diskutiert und findet Niederschlag in der Gründung verschiedener Initiativen. Ausgangspunkt für die internationale Initiative Global Open Data for Agriculture and Nutrition (GODAN) war der G8-Gipfel 2012, auf dem sich die teilnehmenden Länder darauf verständigt haben, Agrardaten untereinander und mit afrikanischen Ländern auszutauschen. GODAN „works to support global efforts to make agricultural and nutritionally relevant data available, accessible, and usable for application worldwide“ [GI15]. Innerhalb der weltweiten Initiative Research Data Alliance (RDA), in der sich seit Frühjahr 2013 Institutionen in einer „bottom up-Bewegung“ zusammenschließen, gibt es auch eine „Agricultural Data Interest Group“ unter deutscher Beteiligung.

4 Der Lebenszyklus von Forschungsdaten als Grundlage des Forschungsdatenmanagements

Der Lebenszyklus von Forschungsdaten besteht aus den Schritten Planung/Erstellung,

Auswahl, Ingest/Übernahme, Speicherung/Infrastruktur, Erhaltungsmaßnahmen und Zugriff/Nutzung [En13]. Er wird ergänzt durch übergreifende Aufgaben, die unabhängig von der Planung und Durchführung der einzelnen Schritte bewältigt werden müssen. Als übergreifende Aufgaben des Forschungsdatenmanagements gelten (Gesamt-) Organisation, Kostenberechnung und -träger, rechtliche Rahmenbedingungen, Beschreibung/Erstellung von Metadaten und Vergabe von persistenten Identifikatoren [En13]. An ausgewählten Aufgaben des Forschungsdatenmanagements soll im Folgenden die Situation in den Agrarwissenschaften dargestellt werden.

4.1 Speicherung/Infrastruktur

Die Speicherung von Forschungsdaten erfolgt derzeit zum größten Teil auf externen Datenträgern wie CDs, USB-Sticks, Festplatten etc. der einzelnen Forschenden bzw. der Institute. Ziel sollte es sein, Forschungsdatenrepositorien zu nutzen, die die „sichere“ Aufbewahrung von mindestens 10 Jahren und einen offenen Zugang im Sinne von Open Data gewährleisten. Dies können generische Datenrepositorien, wie z.B. zenodo.org, sein. Fachspezifische Repositorien bieten den Vorteil einer für die Agrarwissenschaften konzipierten Beschreibungsmöglichkeit von Daten und einer stärkeren Verankerung in der Fachcommunity. Das Angebot fachspezifischer Datenrepositorien in den Agrarwissenschaften ist derzeit noch relativ begrenzt. Die Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO) bietet mit FAOSTAT, CountrySTAT und dem Global Information and Early Warning System on food and agriculture (GIEWS) entsprechende Repositorien. Von deutschen Forschungsinstituten werden u.a. Mansfeld's World Database of Agriculture and Horticultural Crops (Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK)) und openLandscapes (Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF e. V.)) betrieben. Die Vernetzung der existierenden Repositorien im Sinne einer Verknüpfung der Daten sowie der Aufbau neuer Forschungsdatenrepositorien für die Speicherung weiterer bzw. aller Forschungsdatenarten in den Agrarwissenschaften sind wünschenswert.

4.2 Metadaten

Beschreibende Metadaten für Forschungsdaten stellen einen Schlüssel für die Erklärung und damit Nutzbarkeit von Daten dar. Bei der Speicherung von Forschungsdaten in den oben beschriebenen Repositorien kommt den Metadaten eine hohe Bedeutung zu. Eine Einheitlichkeit und damit die Möglichkeit zur Verknüpfung von Daten werden gewährleistet, indem Standards bei der Datenbeschreibung verwendet werden. Wichtige Standards in den Agrarwissenschaften sind der Thesaurus AGROVOC (der FAO) oder die Tools zur Generierung von Metadaten agINFRA (von Agricultural Information Management Standards AIMS) oder AgriMetaMaker (von FAO).

4.3 Persistente Identifikatoren

Persistente Identifikatoren wie der Digital Object Identifier (DOI), der Uniform Resource Name (URN) oder handle werden für digitale Objekte vergeben, um sie bei einer Publikation dauerhaft auffindbar und zitierbar zu machen. Dies ist vor dem Hintergrund, dass auch die Publikation von zitierfähigen Forschungsdaten den Forschenden einen Vorteil bringt, eine wichtige Aufgabe im Forschungsdatenmanagement. Für die Vergabe von DOIs für Forschungsdaten in den Agrarwissenschaften in Deutschland ist ZB MED zuständig.

5 Ausblick

Die Agrarforschung schenkt dem Forschungsdatenmanagement derzeit verstärkt Aufmerksamkeit. Eine kooperative Lösung der anstehenden Aufgaben ist erforderlich, da keine Institution sie allein lösen kann. Im Mittelpunkt stehen Aufklärungs- und Beratungsarbeit gepaart mit der Schaffung geeigneter Informationsinfrastrukturen.

Literaturverzeichnis

- [Ca15] Carolan, L. et al.: How can we improve agriculture, food and nutrition with open data? 2015.
- [Co15] Consortia Advancing Standards in Research Administration Information (CASRAI), http://dictionary.casrai.org/Research_data, Stand: 12.11.2015.
- [De15] Deutsche Forschungsgemeinschaft: Leitlinien zum Umgang mit Forschungsdaten, 2015.
- [En13] Enke, H. et al.: Leitfaden zum Forschungsdaten-Management. Handreichungen aus dem WissGrid-Projekt, Verlag Werner Hülsbusch, Glückstadt, 2013.
- [Eu15] European Commission, Directorate-General for Research & Innovation: Guidelines on Data Management in Horizon 2020, 2015.
- [Gl15] Global Open Data for Agriculture and Nutrition, www.godan.info, Stand 12.11.15.

Messung des Vermarktungserfolges

Jens-Peter Loy¹ und Patrick Holzer²

Abstract: Starke saisonale Schwankungen der Erzeugerpreise von Weizen deuten auf ein vermeintlich hohes Potenzial einer Optimierung des Verkaufszeitpunktes hin. In diesem Beitrag betrachten wir die Verkaufserlöse bei Winterweizen von 204 Betrieben aus Norddeutschland über einen Zeitraum von 12 Jahren, um Unterschiede bei der Vermarktung zu analysieren. Der Vergleich mit zwei in der Praxis angewendeten Benchmarks zeigt, dass es systematisch überdurchschnittlich erfolgreiche Betriebe gibt. Allerdings schaffen es auch diese Betriebe nicht, einen höheren Erlös als bei einer simplen kontinuierlichen Verkaufsstrategie zu generieren.

Keywords: Vermarktung, Weizen, Benchmarking.

1 Einleitung

Seit der Umsetzung der MacSharry Reform 1992 und insbesondere seit der Preiskrise auf den internationalen Rohstoffmärkten 2007 hat die Vermarktung von Getreide und Raps erheblich an Bedeutung für den landwirtschaftlichen Betriebserfolg gewonnen. In einigen wissenschaftlichen Arbeiten zu diesem Thema wird gezeigt, dass unter Verwendung öffentlich zugänglicher Informationen mit Hilfe von dynamischen stochastischen Optimierungsmodellen nur in geringem Maße eine systematische Steigerung der Gewinne durch die Anpassung der temporären Vermarktungsstrategie ermöglicht wird, vgl. [LP09] und [Lo15]. Die Ursachen dafür sind im Wesentlichen in der Nicht-Stationarität der Preise bzw. in ihrem „random walk“ ähnlichen Verhalten begründet. Demnach können Betriebe die durchaus bedeutenden temporären Preisunterschiede nicht systematisch nutzen und der betriebliche Vermarktungserfolg wird in erster Linie vom Zufall und nicht von den Management- oder Vermarktungsfähigkeiten der Entscheider bestimmt.

Diese Einschätzung wird in der Praxis nur bedingt geteilt und folglich soll in dieser Arbeit der Frage nachgegangen werden, ob es systematische Unterschiede im Vermarktungserfolg vergleichbarer landwirtschaftlicher Betriebe gibt, die darauf schließen lassen, dass die erfolgreichen Betriebsleiter entweder „private“ Marktinformationen besitzen und nutzen oder überlegene Heuristiken oder Modelle zur Bestimmung der Vermarktungsstrategie verwenden. In dem Beitrag werden dazu umfangreiche Buchführungsdaten eines Beratungsringes im norddeutschen Raum für einen Zeitraum von 2003 bis 2014 ausgewertet. Dabei wird zunächst diskutiert, welche Normen und statistischen

¹ Institut für Agrarökonomie, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstraße 40, 24118 Kiel, jploy@ae.uni-kiel.de

² Institut für Agrarökonomie, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstraße 40, 24118 Kiel, patrick.holzer@ae.uni-kiel.de

Verfahren unter Berücksichtigung der Eigenschaften der zugrundeliegenden Preisdaten eine angemessene Prüfung systematischer Unterschiede in der Vermarktung erlauben.

2 Benchmarking

In der betriebswirtschaftlichen Beratung werden zwei Maßzahlen zur Beurteilung des Vermarktungserfolges von landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzt. Zum einem werden die Verkaufserlöse bei einzelnen Früchten den durchschnittlichen Erlösen anderer Betriebe aus den jeweiligen Buchführungsdaten gegenübergestellt. Dabei werden neben den Vergleichen für einzelne Jahre auch Vergleiche von drei- oder fünfjährigen Durchschnitten vorgenommen. Zum anderen werden die durchschnittlichen Verkaufserlöse eines Betriebs dem Mittel der Preise in der laufenden Saison gegenübergestellt. Die Benchmarks bilden somit die durchschnittlichen Vermarktungsmöglichkeiten in der Saison oder die Vermarktungsergebnisse der anderen Betriebe im Beratungsring. Andere Benchmarks sind vorstellbar, wie zum Beispiel die Zugehörigkeit zu den 25 Prozent erfolgreichen Betrieben (oberstes Quartil) oder ein Vergleich mit den bestmöglichen Vermarktungsperioden.

Die Wahl einer Benchmark und deren Interpretation erscheinen angesichts einer mangelnden theoretischen Vorstellung über eine optimale Vermarktungsstrategie willkürlich. Die Betrachtung mehrjähriger Durchschnitte berücksichtigt dabei ansatzweise den möglichen Einfluss von zufälligen Ereignissen³. Diesem möglichen Einfluss des Zufalls auf die Ergebnisse des Benchmarking soll im Folgenden nachgegangen werden⁴. Wir verwenden dazu die oben beschriebenen Benchmarks. Um den möglichen Einfluss des Zufalls zu berücksichtigen, testen wir die individuellen Vermarktungsergebnisse gegenüber den Benchmarks. Außerdem testen wir Vermarktungsergebnisse zufällig agierender Agenten auf Basis realer⁵ und simulierter Preisnotierungen⁶.

Die Daten stellen in allen Fällen gepaarte Beobachtungen dar, für die bei normalverteilten Paardifferenzen ein t-Test oder ansonsten der Wilcoxon-Test für Paardifferenzen angewendet werden kann [Sa02]. Da es hier um die Bestimmung der erfolgreichen Vermarkter geht, wird ein einseitiger Test durchgeführt.

³ Hierbei wird davon ausgegangen, dass kein Betrieb regelmäßig außergewöhnliche Verkaufsergebnisse erzielen kann und einzelne hohe Verkaufspreise zufallsbedingt sind, sich aber bei langjährigen Durchschnitten mit zufällig auftretenden niedrigen Preisen anderer Perioden ausgleichen sollten.

⁴ Ein weiteres Problem beim Benchmarking ist die Vergleichbarkeit von Betrieben mit unterschiedlichen Merkmalen. So haben z.B. kleine Betriebe andere Voraussetzungen und Möglichkeiten der Kostenminimierung (oder Vermarktung) als große. Deshalb werden u.a. ökonomische Verfahren eingesetzt, die simultan diese Einflussfaktoren als auch den zufälligen Einfluss modellieren, z.B. stochastische Frontiermodelle. Wir gehen hier zunächst von einer Vergleichbarkeit der Betriebe aus.

⁵ Hierfür simulieren wir Vermarktungsergebnisse auf Basis zufällig agierender Agenten.

⁶ Die Ergebnisse der Simulation der Weizenpreise beruhen auf einer Monte-Carlo-Simulation. Die notwendigen Parameter (μ und σ) für das Black-Scholes-Modell werden aus den vorliegenden Preisen geschätzt. Die Preisverläufe werden dann mit Hilfe der diskreten binomialen Approximation von [CRR79] modelliert und potentielle Verkaufszeitpunkte durch Zufallsgeneratoren ermittelt.

3 Daten

Ein Beratungsring in Norddeutschland hat für diese Untersuchung die Buchführungsergebnisse von 204 Ackerbaubetrieben über den Verkauf von Winterweizen über den Zeitraum von 2003 bis 2014 ($t=12$) zur Verfügung gestellt. Der mittlere Verkaufspreis über alle Betriebe und Jahre beträgt 15,64 Euro pro dt. Die Mittelwerte über die Jahre schwanken zwischen den Betrieben von 13,36 bis 17,66 Euro pro dt, d.h. der vermeintlich „beste“ Betrieb hat in diesem Zeitraum im Mittel mehr als 4 Euro pro dt mehr Erlöst als der „schlechteste“⁷. Der Variationskoeffizient über die Mittelwerte liegt bei 4 Prozent. Um ein rein zufälliges Vermarktungsergebnis zu simulieren, wird aus den realen Preisnotierungen für Winterweizen in SH ein Preis in jeder Vermarktungsperiode zufällig ausgewählt. Diese Prozedur wird 200 Mal wiederholt. Im Mittel ergibt sich dabei ein Verkaufserlös von 16,06 Euro pro dt. Die Mittelwerte liegen dabei maximal nur um 2,6 Euro pro dt auseinander und das 95-Prozent-Konfidenzintervall reicht von 15,4 bis 16,84 Euro pro dt. Der Variationskoeffizient liegt bei 2,7 Prozent. Die Verteilung der Mittelwerte der Preise aus den Buchführungsergebnissen und die Simulation mit realen Preisnotierungen sind in Abb. 1 dargestellt. Den Daten wird eine Normalverteilung gegenübergestellt. Der Test auf Normalverteilung wird in beiden Fällen nicht abgelehnt (p -Werte liegen bei 6 und 40 Prozent).

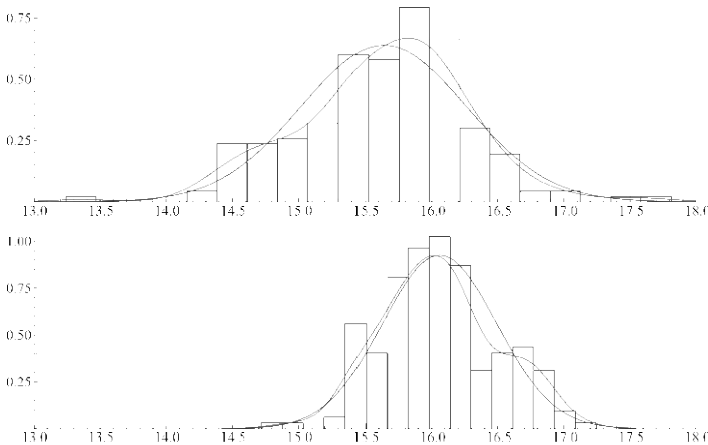


Abb.1: Durchschnittliche Verkaufslöse in Euro pro dt für die Buchführungsdaten (oben) und die Simulationen mit Realpreisnotierungen (unten), Quelle: Eigene Darstellung, Daten aus [Lw15].

Die simulierten Verkaufserlöse liegen enger beieinander und zeigen einen höheren Erwartungswert. Das deutet darauf hin, dass der zweite Benchmark höher liegt als der erste. Es wird somit eher Betriebe geben, die signifikant über dem Durchschnitt der Betriebe liegen als über dem durchschnittlichen Verkaufserlös in der Saison.

⁷ Das 95-Prozent-Konfidenzintervall liegt im Bereich von 14,5 bis 16,5 Euro pro dt.

4 Ergebnisse

Da die realen Preisnotierungen nicht-stationär sind, vgl. [Lo15], werden zunächst die Testprozeduren (t-Test und Wilcoxon-Test auf Paardifferenzen) anhand der simulierten Daten geprüft. Beide Tests zeigen bei einem Stichprobenumfang von 12 und einer Wiederholungsrate von 200 in Anpassung an den zugrundeliegenden Umfang der Buchführungsdaten die erwarteten Fehler erster Art⁸.

Bei der Prüfung des ersten Benchmark, ob die Verkaufserlöse einzelner Betriebe signifikant über dem Durchschnitt der Verkaufserlöse aller Betriebe im Zeitraum von 2003 bis 2014 liegen, ergibt sich beim t-Test eine Ablehnung der Nullhypothese bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 (10) Prozent in 11 (21,5) Prozent der Fälle. Für den Wilcoxon-Test wird die Nullhypothese in 11,7 (18,6) Prozent der Fälle abgelehnt. Damit ist für das Sample auszuschließen, dass die Unterschiede zwischen den Betrieben rein zufällig sind. Es gibt demnach Betriebe, die systematisch besser vermarkten als der Durchschnitt aller Betriebe. Diese Tendenz wird noch verstärkt, wenn man die Tests auf Teilsamples am Anfang der Beobachtungsperiode anwendet. Der Grund dafür ist das Wirtschaftsjahr 2007/2008, bei dessen Berücksichtigung die Unterschiede zufälliger erscheinen.

Die Prüfung der zweiten Benchmark, ob Betriebe besser vermarkten als bei einem gleichmäßigen Verkauf über die ganze Saison, ergibt sich eine Ablehnung der Nullhypothese bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 (10) Prozent in 2,5 bzw. 4,5 Prozent der Fälle. Damit kann für das Sample nicht ausgeschlossen werden, dass die Unterschiede gegenüber dem Saisonmittel rein zufällig sind. Es gibt demnach keine Betriebe, die systematisch besser vermarkten als das Ergebnis bei einem gleichmäßigen Verkauf in der Saison.

Literatur

- [CRR79] Cox, J. C., S. A. Ross und M. Rubinstein (1979). "Option pricing: A simplified approach." *Journal of Financial Economics* 7.3, 229-263.
- [La15] Landwirtschaftskammer (2015). Erzeugerpreisnotierung SH.
- [Lo15] Loy, J. P., Holm, T., Steinhagen, C. und Glauben, T. (2015). "Seasonal Quality Premiums for Wheat: A Case Study for Northern Germany." *Agribusiness*, 31(1), 63-75.
- [LP09] Loy, J.-P. und A. Pieniadz (2009). "Optimal grain marketing revisited: A German and Polish perspective." *Outlook on AGRICULTURE* 38.1, 47-54.
- [Sa02] Sachs, L. (2002). "Angewandte Statistik, 11. überarbeitete und aktualisierte Auflage."

⁸ Auch bei Verwendung der Black-Scholes-simulierten Preisbewegungen anstatt der Realpreisnotierungen bestätigen sich die Eigenschaften der Tests.

Mobile Röntgenfluoreszenzanalytik als Baustein für Sensorfusion-Ansätze für die Bestimmung von Makronährstoffen im Boden? - ein Werkstattbericht

Michael Marz¹, Peter Wagner¹ und Linara Arslanova¹

Abstract: Im Rahmen von Sensorfusion-Ansätzen zur On-the-go-Analytik von pflanzenverfügbaren Makronährstoffen, stellt dieser Werkstattbericht eine explorative Arbeit vor, welche die Eignung sowie die methodisch-technischen Grundlagen der Bodenanalytik für die Bestimmung der in dieser Arbeit betrachteten Makronährstoffe Phosphor, Kalium und Magnesium mittels Röntgenfluoreszenz (RF) untersucht. Im Fokus der beginnenden Untersuchungen steht die Identifizierung eines optimalen Messvorganges mit Berücksichtigung der Probenahme und -aufbereitung. Darauf aufbauend wird die Anwendbarkeit des RF-Outputs im Rahmen eines simulierten Sensorfusion-Ansatzes bewertet, um mittels künstlicher neuronaler Netze (KNN) die nicht direkt gemessenen pflanzenverfügbaren Anteile im Boden approximieren zu können. Zum Zeitpunkt stellt sich heraus, dass für die Approximation des pflanzenverfügbaren Phosphors die RF-Analytik als Sensorfusion-Baustein geeignet sein kann. Feldfrische Stechproben sind hierfür geeignet.

Keywords: Röntgenfluoreszenzanalyse, Sensor-Fusion, On-the-go, Makronährstoffe, Precision Farming

1 Einleitung

Die kleinräumige Ermittlung von Makronährstoffgehalten (Phosphor [P], Kalium [K], Magnesium [Mg]) im Boden ist für eine effiziente Düngung von Schlägen relevant. Gängige arbeits- und kostenintensive Verfahren mittels Probennahme vor Ort und anschließender Laboranalytik könnten sowohl in wirtschaftlicher Hinsicht als auch in der räumlichen Auflösung verbessert werden, indem die Analyse sensorgestützt vor Ort während der Befahrung erfolgt. Aktuelle Ansätze verfolgen die Kombination und parallele Prozessierung verschiedener Sensorsysteme zur Bestimmung von Zuständen des Bodens. Dieser Werkstattbericht stellt eine explorative Arbeit vor, welche die Eignung sowie die methodisch-technischen Grundlagen der Bodenanalytik mittels Röntgenfluoreszenzanalytik (RFA) als Baustein von Sensorfusion untersucht. Im Fokus der beginnenden Untersuchungen steht die Identifizierung eines optimalen Messvorganges mit Berücksichtigung der Probennahme und -aufbereitung. Darauf aufbauend wird die Anwendbarkeit der RFA als Baustein von Sensorfusion für die Bestimmung der pflanzenverfügbaren Makronährstoffgehalte im Boden bewertet. Da die RFA nur Elementargeh-

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

alte bestimmt [ZWZ11], kommen in einem simulierten (d.h. reale Messwerte, aber nicht parallel erfasst/on-the-go) Sensorfusion-Ansatz künstliche neuronale Netze (KNN) zum Einsatz, welche die parallele Prozessierung von potentiellen (d.h. reale Messwerte zu-nächst laborativ bestimmt) Sensordaten für die Approximation der Zielgrößen pflanzen-verfügbare Anteile ermöglichen.

2 Methoden

Die nachfolgend dargelegten Methoden untergliedern sich in zwei Schwerpunkte. Ersterer beschäftigt sich mit der Identifizierung eines geeigneten Messablaufes zur möglichst genauen Bestimmung von Elementargehalten der betrachteten Makronährstoffe P, K und Mg im Boden. Letzterer untersucht die Anwendbarkeit der RFA unter Berücksichtigung der Messgüte in einen Sensorfusion-Ansatz zur Approximation der pflanzenverfügbaren Gehalte. Die Datengrundlage basiert auf 10 Messstandorten innerhalb eines Versuchsschlages bei Görzig in Sachsen-Anhalt.

2.1 Röntgenfluoreszenzanalytik – Identifizierung geeigneter Messabläufe

In diesem Abschnitt wird geprüft, mit welchem Messablauf die besten Messergebnisse im Vergleich zu Referenzmessungen nach VDLUFA erreicht werden können. Zentrale Bestandteile bilden die Wahl der Bodenprobe (RF-Messbereich 6mm; Stechprobe 30cm) und die Ermittlung des notwendigen Grades der Probenaufbereitung. Die Tab. 1 fasst das Probenwahl- und Probenaufbereitungsschema zusammen. Zusätzlich zu den Elementargehalten nach VDLUFA werden die pflanzenverfügbaren Anteile, der pH-Wert und die Korngrößenverteilung bestimmt.

Methoden	Symb.	Gerät	Ort	n	A / m / B
RF-Analyse	RFA1	NITON XL3t-900	F	10	RF-Messbereich mit Schutzaufsatz direkt bestrahlt, verdichtete Bodenoberfläche / - / -
RF-Analyse	RFA2	NITON XL3t-900	L	20	Stechprobe und RF-Messbereich, feldfrisch/ 8-10g / -
RF-Analyse	RFA3	NITON XL3t-900	L	20	Stechprobe und RF-Messbereich, luftgetrocknet auf 2mm gesiebt / 8-10g / -
Königswasser-aufschluss	KW	UV-VIS Spektralphotometer/ AAS (Mg, K)	L	20	Stechprobe und RF-Messbereich, luftgetrocknet, auf 2mm gesiebt/ 3g / Aufschluss HNO_3+3HCl
Doppellactat Auszug	DL	UV-VIS Spektralphotometer/ AAS (Mg, K)	L	20	Stechprobe und RF-Messbereich, luftgetrocknet, auf 2mm gesiebt/ 2g / Aufschluss $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{CaO}_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

F - Feld; L - Labor; n - Stichprobenumfang, A / B - Ausbereitungsschritt 1 / 2, m – Probengewicht, AAS - Atomabsorptionspektrometrie

Tab. 1 Probenahme- und Probenaufbereitungsschema

2.2 Sensorfusion-Simulation - Approximation pflanzenverfügbarer Gehalte

In diesem Abschnitt wird ein Sensorfusion-Ansatz simuliert (d.h. reale Messwerte, aber nicht parallel erfasst/on-the-go) und die Anwendbarkeit des RF-Outputs u.a. in Bezug auf die Messgüte für die Bestimmung bzw. Approximation pflanzenverfügbarer Nährstoffgehalte bewertet. Hierfür wird ein KNN verwendet, welches die nichtlinearen Zusammenhänge zwischen erklärenden Variablen (u.a. z.Z. laborativ bestimmte potentielle Sensordaten) und einer Zielgröße (zu bestimmende Größe) abbilden kann. Die Datenbasis bilden die mittels RF-Analytik und VDLUFA-konform ermittelten elementaren und pflanzenverfügbaren Gehalte von P, K, Mg sowie der pH-Wert, die scheinbare elektrische Leitfähigkeit und die Korngrößenverteilung. In einem zweistufigen Verfahren werden zunächst die Referenzwerte bei der Modellierung herangezogen und im Anschluss diese durch die RF-Messwerte ersetzt. Darüber hinaus wird auch geprüft, ob die Information zu den Elementargehalten eine Bestimmung pflanzenverfügbarer Gehalte verbessern kann. Die Modellgüte bestimmt die Anwendbarkeit des RF-Outputs. Diese ist gegeben, wenn die RFA die Approximation der Zielgröße verbessern kann (Sinn der Messung) und die Messgüte hinreichend ist und die Modellgenauigkeit hoch bleibt.

3 Ergebnisse

3.1 Geeignete Probenwahl und Probenaufbereitung in Bezug auf die Messgüte

Zum Zeitpunkt der laufenden Untersuchungen können erste Ergebnisse für die Bestimmung des Makronährstoffs Phosphor dargelegt werden. Der Elementargehalt (z. Vgl. Doppellactat, DL) des Phosphors beträgt bei allen Proben im Mittel 46,17 mg/100g Boden (DL: 12,3), wobei das Minimum bei 24,54 mg/100g (DL: 0,4) und das Maximum bei 117,51 mg/100g (DL: 40,5) zu verorten ist. Bezugnehmend auf das Untersuchungsschema von Tabelle 1 stellt sich heraus, dass die Bestimmung des absoluten Phosphorgehaltes im Boden anhand einer feldfrischen Stechprobe die geringsten Abweichungen zu den Referenzwerten aufweist. Dieses Analyseschema bestimmt die Gehalte im Mittel um das 1,44-fache höher bei einer mittleren Abweichung vom 0,29-fachen. Das Schema zu RFA1 weist die höchsten und RFA3 die zweithöchsten Abweichungen bzw. Messwerte im Vergleich zur Referenz auf.

3.2 Anwendbarkeit von RFA und Modellgenauigkeit für Sensorfusion

Die nachfolgende Tabelle 2 fasst die Ergebnisse eines simulierten Sensorfusion-Ansatzes zusammen. Die RF-Analytik kann die Approximationsfähigkeit der Zielgröße pflanzenverfügbarer Phosphor verbessern. Darüber hinaus ist die Messgüte als Input ausreichend, sodass die Modellgenauigkeit im Testverfahren (bzw. Anwendung) hoch bleibt.

	Training mit Elementargehalten	Test/Anwendung mit Elementargehalten	Training/Test ohne Elementargehalte
Modellgenauigkeit	97,1%	97,1%	81,5%
Korrelation r	0,992	0,982	0,929
Standardabweichung	1,137	1,741	3,257

Tab. 2 Ergebnisse eines simulierten Sensorfusion-Ansatzes, Zielgröße pflanzenverfügbares P

4 Diskussion und Ausblick

In Bezug auf Probenwahl und Probenprozessierung wäre zu erwarten gewesen, dass Schema RFA3 (vgl. Tab. 1) der Referenz näher ist. Jedoch ermöglicht RFA2 bessere Messergebnisse, was für die angestrebte on-the-go-Analytik bei VDLUFA-konformer Probenahme von Bedeutung ist. Ursachen in Bezug auf den Vergleich zur Messgüte werden bei der Probenprozessierung und der RF-Messmethodik sowie bei der KW-Analytik verortet [MGT12, ZWZ11, RHT11, GS15]. Weitere Untersuchungen und Validierungen sind jedoch notwendig, um im Sensorfusion-Ansatz robuste Mess- und Approximationsergebnisse erreichen zu können.

Literaturverzeichnis

- [GS15] Gebbers, R.; Schirrmann, M.: Potential of using portable x-ray fluorescence spectroscopy for rapid soil analysis. In (Stafford, J. V. Hrsg.): Precision agriculture '15. Papers presented at the 10th European Conference on Precision Agriculture, Volcani Center, Israel, 12-16 July 2015. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, 2015; S. 27–34.
- [MGT12] McLaren, T. I. et al.: Rapid, Nondestructive Total Elemental Analysis of Vertisol Soils using Portable X-ray Fluorescence. In Soil Science Society of America Journal, 2012, 76; S. 1436.
- [RHT11] Repmann, F. et al.: Messung von Schwermetallen und Hauptelementen in anthropogen geprägten Böden mittels feldportabler Röntgenfluoreszenzanalyse (FP RFA): Böden verstehen - Böden nutzen - Böden fit machen, 3. - 9. September 2011, Berlin.
- [ZWZ11] Zhu, Y.; Weindorf, D. C.; Zhang, W.: Characterizing soils using a portable X-ray fluorescence spectrometer. 1. Soil texture. In Geoderma, 2011, 167-168; S. 167–177.

ROS-basiertes Validierungskonzept für Sicherheitskonzepte von autonomen Agrarrobotern

Christian Meltebrink¹, Andreas Linz² und Arno Ruckelshausen³

Abstract: Für autonome Agrarroboter existieren noch keine speziellen Normen. Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen können nur anhand von bestehenden Normen und Normentwürfen aus verschiedenen Teilbereichen definiert werden. Aus diesem Grund werden Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen am Beispiel der Kollisionsvermeidung mit sicherheitsrelevanten Objekten vorgeschlagen. Validierungsmethoden werden für die Sicherheitsanforderungen des Roboters erarbeitet. Ein Validierungskonzept wird durch diese Methoden anhand von Stationen entwickelt. Dieses Konzept ist durch weitere Stationen beliebig erweiterbar. Eine verteilte Softwarearchitektur koordiniert durch einen Validierungsmaster das Validierungskonzept mit seinen einzelnen Stationen. Es basiert auf dem Softwareframework „ROS“.

Keywords: Sicherheitsanforderungen, Validierung, autonome Agrarroboter, ROS

1 Einleitung

Im Agrarbereich wächst der Automatisierungsgrad der Maschinen. Es wird bereits an hoch-automatisierten Maschinen und an Agrarrobotern geforscht [Gr09], [Li14]. Dennoch existieren keine speziellen Normen für die neuen Anwendungsfelder. Aus diesem Grund werden in einer Abschlussarbeit [Me15] unter anderem Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen für die Kollisionsvermeidung der Agrarroboter mit sicherheitsrelevanten Objekten erarbeitet. Im Allgemeinen muss ein Agrarroboter bei der Detektion einer möglichen Gefährdung in einen sicheren Zustand wechseln. Somit ist für den Sicherheitshalt beispielsweise die Anforderung, den Roboter sicher in den Stillstand zu versetzen. Die Vermeidung von Gefährdungen durch Kollisionen werden im Folgenden anhand von bestehenden Normen vorgestellt. Durch diese Schutzmaßnahmen soll das Risiko für die Entstehung einer Gefährdung verringert werden. Darüber hinaus werden Validierungsmethoden zur Überprüfung der Reaktionen und Aktionen bei einer entstehenden Gefährdung durch eine Kollision des Agrarroboters mit einem sicherheitsrelevanten Objekten definiert. Um eine automatisierte Validierung mit weiteren Validierungsmethoden zu ermöglichen, wird ein ROS-basiertes Validierungskonzept vorgestellt. Durch den Einsatz des „Robot Operating System“ (ROS) sind erste Tests von Validierungsmethoden in einer Robotersimulation und die anschließende Portierung in die Realität möglich.

¹ B. Strautmann & Söhne GmbH u. Co.KG, Bad Laer, C.Meltebrink@Strautmann.com

² Hochschule Osnabrück, Osnabrück, A.Linz@hs-osnabrueck.de

³ Hochschule Osnabrück, Osnabrück, A.Ruckelshausen@hs-osnabrueck.de

2 Grenzen des Betriebsraums

Laut der Norm DIN EN ISO 13482 für persönliche Assistenzroboter [DIN14] können Betriebsraumbegrenzungen für eine Risikominderung notwendig sein. In Abbildung 1 werden die Betriebsraumbegrenzungen für einen autonomen Agrarroboter definiert.

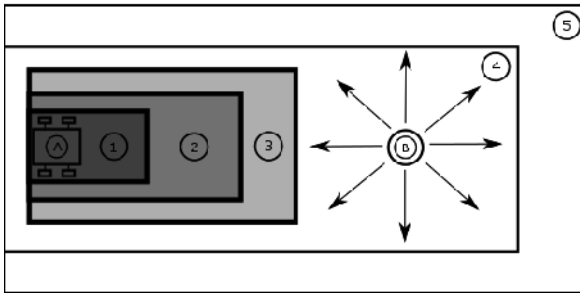


Abb. 1: Betriebsraumbegrenzungen eines autonomen Agrarroboters [Me15]

Durch den maximalen Raum (5) wird der Raum definiert, in dem ein Roboter (A) sich maximal aufhalten darf. Durch den eingeschränkten Raum (4) kann für den Roboter ein aufgabenspezifischer Raum definiert werden. Dabei können durch weitere Softwaregrenzen ein überwachter (3), ein geschützter (2) und ein Sicherheitshaltraum (1) definieren werden. Im überwachten Raum müssen sicherheitsrelevante Objekte (B) überwacht werden können. Befindet sich ein sicherheitsrelevantes Objekt im geschützten Raum, muss auf das Objekt reagiert werden. Die Reaktion kann eine sichere Geschwindigkeitsminderung oder ein Ausweichen darstellen. Die Softwaregrenze des Sicherheitshaltraums muss den Abstand zum Objekt definieren, der bei der aktuellen Geschwindigkeit des Roboters mit Höchstlast einen Sicherheitshalt ermöglicht. Der damit verbundene einzuhaltende Sicherheitsabstand ist nach der Norm DIN EN ISO 13855 [DIN10] zu bestimmen, die unter anderem Vorgaben für die Anordnung und Sicherheitsabständen von berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen definiert [DIN14].

3 Validierung der Kollisionsvermeidung

Bei der Validierung der Kollisionsvermeidung soll überprüft werden, ob das Verhalten des Agrarroboters bei der Detektion von sicherheitsrelevanten Objekten im autonomen Betrieb den definierten Sicherheitsanforderungen entspricht. Für den Testaufbau soll ein Vorschlag des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) [Ja13] verwendet werden. Der vorgeschlagene Testaufbau ist in Abbildung 2 dargestellt. Die beweglichen Prüfkörper (zwei Prüfkörper 5 der Norm DIN EN ISO 13856-3:2006 [DIN13]) sollten eine gleichförmige Bewegung mit einer Annäherungsgeschwindigkeit, gemäß der Vorgabe der Norm DIN EN ISO 13855 [DIN10], von 1600mm/s ausführen.

Die Distanz, über die sich der Roboter und die Hindernisse bewegen, muss in einer Risikobeurteilung den Anforderungen an den Agrarroboter entsprechend definiert werden. Der Versuch ist in vier Teilversuche aufgeteilt, die jeweils dreimal für zwei definierte Oberflächenzustände getestet werden müssen. Der Roboter muss Bewegungen des sicherheitsrelevanten Objektes aus unterschiedlichen Richtungen erkennen und mit einem ausreichenden Sicherheitsabstand (zu berechnen nach [DIN10] für Schutzfelder parallel zur Annäherungsrichtung) ausweichen, um zur Zielposition zu gelangen. Das Einhalten eines Sicherheitsabstandes bei einem statischen sicherheitsrelevanten Objekt (Prüfkörper des Normentwurfes DIN EN ISO 18497:2015 [DIN15]) in der Fahrbahn des Roboters wird ebenfalls validiert. Ein Anfahren des Roboters darf nur erfolgen, wenn der Sicherheitsabstand zu den Objekten eingehalten wird.

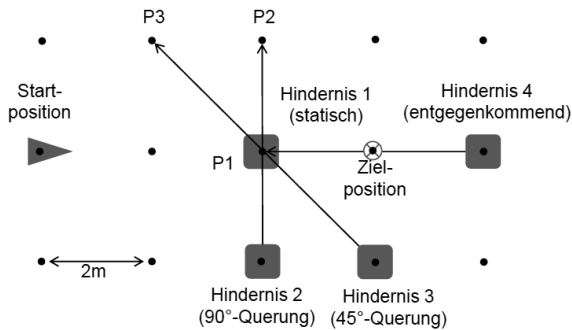


Abb. 2: Testaufbau zur Validierung der Kollisionsvermeidung [Ja13]

4 ROS-basiertes Validierungskonzept

Für die Organisation einzelner Validierungsmethoden im gesamten Validierungskonzept wird eine Softwarearchitektur entwickelt. Die Softwarearchitektur basiert auf dem Softwareframework „Robot Operating System“ (ROS)⁴ und dementsprechend auf verschiedenen verteilten Knoten (Prozesse). Ein Validierungsmaster (eigener Knoten) ist für die Koordinierung des Validierungsprozesses zuständig. Einzelne Stationen in separaten Knoten können für den Validierungsprozess beim Validierungsmaster angemeldet werden. Dadurch ist eine beliebige Zusammensetzung des Validierungskonzeptes anhand von mehreren Validierungsstationen mit unterschiedlichen Validierungsmethoden möglich. Die zuvor beschriebenen Validierungsmethoden der Kollisionsvermeidung werden in einer eigenen Station umgesetzt. Zur Beobachtung und Auswertung des Agrarroboterverhaltens werden zwei 2D-Laserscanner eingesetzt, deren Messdaten in dem Stationsknoten ausgewertet werden. Durch das flexible Softwarekonzept ist eine beliebige Erweiterung des Validierungskonzeptes durch weitere Stationen möglich.

⁴ <http://www.ros.org/>

5 Fazit

Anhand von bestehenden Normen und Normentwürfen werden Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen für die Kollisionsvermeidung dargestellt und Validierungsmaßnahmen vorgeschlagen. Als Schutzmaßnahmen für Kollisionen ist der Einsatz von Betriebsgrenzen nach der Norm DIN EN ISO 13482 [DIN14] ein möglicher Ansatz. Durch den vorgeschlagenen Testaufbau des Fraunhofer-Instituts [Ja13] kann die Kollisionsvermeidung validiert werden. Das ROS-basierte Validierungskonzept kann als ein Ansatz für einen automatischen Prüfstand für Agrarroboter angesehen werden. Anhand einer Robotersimulation kann die Realisierbarkeit der entwickelten Validierungsstationen getestet werden, doch ist eine reale Validierung anstrebenswert.

Literaturverzeichnis

- [DIN10] Deutsches Institut für Normung e.V. Sicherheit von Maschinen - Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen (ISO 13855:2010); Deutsche Fassung EN ISO 13855:2010. Okt. 2010.
- [DIN13] Deutsches Institut für Normung e.V. Sicherheit von Maschinen – Druckempfindliche Schutzeinrichtungen - Teil 3: Allgemeine Leitsätze für die Gestaltung und Prüfung von Schaltpuffern, Schaltflächen, Schaltleinen und ähnlichen Einrichtungen (ISO 13856-3:2013); Deutsche Fassung EN ISO 13856-3:2013. Dez. 2013.
- [DIN14] Deutsches Institut für Normung e.V. Roboter und Robotikgeräte – Sicherheitsanforderungen für persönliche Assistenzroboter (ISO 13482:2014); Deutsche Fassung EN ISO 13482:2014. Feb. 2014.
- [DIN15] Deutsches Institut für Normung e.V. Landwirtschaftliche Maschinen und Traktoren - Sicherheit hochautomatisierter Maschinen (ISO/DIS 18497:2014); Deutsche Fassung prEN ISO 18497:2014. März 2015.
- [Gr09] Griepentrog, H. W.; Andersen, N. A.; Andersen, J. C.; Blanke, M.; Heinemann, O.; Nielsen, J.; Pedersen, S. M.; Madsen, T. E. und Wulfsohn, D. „Safe and reliable: further development of a field robot“. In: 7th European Conference on Precision Agriculture (ECPA). Bd. 7. Wageningen, Netherlands; Wageningen Academic Publishers, 2009, S. 857–866.
- [Ja13] Jacobs, T.: Validierung der funktionalen Sicherheit bei der mobilen Manipulation mit Servicerobotern - Anwenderleitfaden. Fraunhofer- Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. Sep. 2013.
- [Li14] Linz, A.; Hertzberg, J.; Ruckelshausen, A. und Wunder, E.: Autonomous Service Robots For Orchards And Vineyards: 3D Simulation Environment Of Multi Sensor-Based Navigation And Applications. In 12th International Conference on Precision Agriculture, ISPA International Society of Precision Agriculture, Ed., Sacramento, CA, USA, 2014.
- [Me15] Meltebrink, C.: „ROS-basiertes Validierungskonzept für autonome Agrarroboter“. Hochschule Osnabrück, 2015.

Monte-Carlo-Simulationen in Ökobilanzen – Chancen und Grenzen

Andreas Meyer-Aurich¹

Abstract: Dieser Beitrag untersucht die Bedeutung der Spezifikation von Monte-Carlo-Simulationen, insbesondere Wahl der Verteilungsfunktionen und Korrelation von Inputgrößen für Ökobilanzen. Hierfür werden verschiedene Verteilungsfunktionen und Korrelationen zwischen Inputgrößen in Szenarien untersucht. Die Spezifikation der Monte-Carlo-Simulation hat Auswirkungen auf die Gesamtvarianz der durch die Simulation erzeugten Daten und auch auf die Datenstruktur, insbesondere die Regressionskoeffizienten der Parameter mit der Outputgröße. Letzteres ist wichtig, um die Einflussgrößen der betrachteten Prozesse identifizieren zu können. Die dargestellten Simulationsbeispiele haben aber auch gezeigt, dass trotz unterschiedlicher Verteilungsfunktionen und Korrelationsmatrizen die relative Bedeutung der Inputgrößen in gleicher Weise gewichtet würde. In diesem Fall hat die Spezifikation daher keinen gravierenden Einfluss gehabt.

Keywords: Ökobilanz, LCA, Monte-Carlo-Simulation

1 Einleitung

Ökobilanzen oder Lebenszyklusanalysen (LCA) sollen die Umweltwirkungen von Produkten oder Dienstleistungen kommunizieren, um die relative Vorzüglichkeit verschiedener Produkte oder Verfahren der Herstellung gegenüber stellen zu können [Gu02]. In der Praxis werden die Umweltwirkungen der untersuchten beteiligten Prozesse vielfach deterministisch mit Einzelwerten aus Datenbanken hinterlegt, die zu suggerierten Genauigkeiten führen, welche in der Realität vielfach nicht gegeben sind [LR07]. Unsicherheiten können mit Hilfe von Szenarien oder Monte-Carlo-Simulationen analysiert werden. Mit Hilfe von Monte-Carlo-Simulationen können auf der Basis von stochastischen Simulationsalgorithmen Daten generiert werden, die für eine Unsicherheitsanalyse herangezogen werden können. Hierzu müssen die für die Inventarisierung der Umweltwirkung herangezogenen Prozesse mit definierten Eintrittswahrscheinlichkeiten miteinander verknüpft werden, sodass für die Umweltwirkungen Erwartungswerte und deren Verteilungen abgebildet werden können. Insbesondere bei der Analyse von Umweltwirkungen von landwirtschaftlichen Prozessen wird diese Methode vermehrt eingesetzt [de03; Me12]. Neben der Darstellung der Unsicherheit der Umweltwirkungen können so auch Parameter identifiziert werden, deren Unsicherheit für den Gesamtprozess von besonderer Bedeutung ist [LR07]. Die Implementierung von Monte-Carlo-Simulationen bedarf allerdings der Spezifizierung der Verteilungsfunktionen der relevanten Stoffflüsse.

¹ Leibniz Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Abteilung Technikbewertung und Stoffkreisläufe, Max-Eyth Allee 100, 14469 Potsdam, ameyeraurich@atb-potsdam.de

Dieser Beitrag soll die Bedeutung der Spezifizierung der Verteilungsfunktionen für die Ergebnisse einer Unsicherheitsanalyse auf der Basis einer Fallstudie untersuchen.

2 Daten, Model und Methodik

Für die Modellrechnungen wurde ein Model zur Abschätzung der Treibhausgasemissionen durch die Bereitstellung von elektrischer Energie aus Biogas mit einem LCA-Ansatz herangezogen [Me12]. Die Spezifizierung der Monte-Carlo-Analyse erfolgte mit gleichschenkligen Dreiecksverteilungen über eine Spanne, bzw. dem natürlichen Logarithmus der Dreiecksverteilung (LN Dreieck in Tab. 2.1), die sich aus der Literatur ableiten ließ (siehe Tab. 2.1, weitere Details siehe [Me12]). Die betrachteten Prozesse wurden als voneinander unabhängig modelliert.

Nr.	Variable	Verteilungsfunktion	Parameterspannweite (%)
1	N ₂ O-N Emissionsfaktor	LN Dreieck	0,3 – 3
2	N ₂ O-N Emissionsfaktor von indirekten Emissionen (NH ₃)	LN Dreieck	0,2 – 5
3	N ₂ O-N Emissionsfaktor von indirekten Emissionen (Auswaschung und Abfluss)	LN Dreieck	0,05 – 2,5
4	Verflüchtigungen von synthetischen Düngern (N)	LN Dreieck	0,03 – 0,3
5	Verflüchtigung von organischen Düngern (N)	LN Dreieck	4 – 39
6	N-Auswaschung/ Abfluss	LN Dreieck	1 – 80
7	CH ₄ Emissionen aus Rinderdunglagerung	Dreieck	0,7 – 13
8	Direkte N ₂ O emissionen aus Rinderdunglagerung	LN Dreieck	0,25 – 0,1
9	NH ₃ Verluste bei Rinderdunglagerung	LN Dreieck	1,6 – 5,6
10	Biogasertrag aus Maissilage	Dreieck	-20 – 20
11	Elektrische Effizienz des Blockheizkraftwerks	Dreieck	34 – 40
12	Energieverbrauch des Rührwerks	Dreieck	5 – 12
13	Methanemission aus Biogasanlage	Dreieck	0 – 1

Tab. 2.1: Parameterspezifikation der Monte-Carlo-Simulation in [Me12]

In dieser Studie wird untersucht, inwiefern die Art der Verteilungsfunktion und eine mögliche Korrelation der betrachteten Prozesse die Ergebnisse verändert hätten. Hierzu wurden neben der in der Veröffentlichung gewählten Spezifikation zwei alternative Spezifikationen gewählt (Tab. 2.2). In der einen Spezifikation (Szenario II) wurden alle Verteilungsfunktionen als „uniform“ modelliert, das heißt, jeder Wert innerhalb der Spanne wird mit gleicher Wahrscheinlichkeit in der Monte-Carlo-Simulation berücksich-

tigt. In Szenario III wurden alle Variablen mit N₂O Emissionsfaktoren mit dem Faktor 0.3 korreliert (Variablen 1, 2, 3) und alle Emissionen aus Rinderdung sind mit Faktor 0.3 korreliert (Variablen 7, 8, 9). Hintergrund der Überlegung ist für die N₂O Emissionen, dass ggf. standörtliche Voraussetzungen die N₂O Emissionen determinieren, die für die indirekten und direkten Emissionen in gleicher Weise wirken. Für die Emissionen aus dem Rinderdung war die Überlegung, dass wenn die Bedingungen für die Emissionen des einen Klimagases gegeben sind, es auch bedingt wahrscheinlich ist, dass für die anderen Klimagase entsprechende Bedingungen vorherrschen.

Szenario		Verteilungsfunktion	Korrelation der Prozesse
I	Monte-Carlo Parametrisierung wie in [Me12]	Dreieck und LN Dreieck	keine
II	Uniform	Uniform	keine
III	Korreliert	Dreieck und LN Dreieck, wie [Me12]	Variablen 1, 2, 3 und 7,8,9 jeweils mit 0.3 korreliert

Tab. 2.2: Szenarien für Parametrisierung der Monte-Carlo-Simulation

3 Ergebnisse

Die Monte-Carlo-Simulation der drei Szenarien hat erwartungsgemäß zu einer gegenüber dem Szenario I (MW: 0,191, Stdabw.: 0,08) höheren Varianz bei Szenario II (MW:0,30, Stdabw.: 0,14) geführt. Der Mittelwert der Simulationswerte ist im Szenario II erwartungsgemäß höher als im Szenario II, da die Verteilung einiger Eingangsparameter im Szenario I lognormal verteilt waren. Mittelwert und Varianz bei Szenario III (MW: 0,191, Stabw. 0,08) entspricht dem von Szenario I. Die Regressionskoeffizienten der multiplen Regression der Inputvariablen auf die Outputvariable zeigt in allen drei Szenario ein ähnliches Muster. Die Wahl der Verteilungsfunktion (Szenario II) scheint die Regressionskoeffizienten stärker zu beeinflussen als die Korrelation der Inputvariablen.

4 Schlussfolgerungen

Die Spezifikation von Monte-Carlo-Simulationen, insbesondere Wahl der Verteilungsfunktionen und Korrelation von Inputgrößen hat Auswirkungen auf die Gesamtvarianz der durch die Monte-Carlo-Simulation erzeugten Daten und auch auf die Datenstruktur, insbesondere die Regressionskoeffizienten der Parameter mit der Outputgröße. Letzteres ist wichtig, um die Einflussgrößen der betrachteten Prozesse identifizieren zu können. Die dargestellten Simulationsbeispiele haben aber auch gezeigt, dass trotz unterschiedlicher Verteilungsfunktionen und Korrelationsmatrizen die relative Bedeutung der Inputgrößen in gleicher Weise gewichtet würde. In diesem Fall hat die Spezifikation daher

darauf keinen gravierenden Einfluss gehabt.

Variable Nr.	Szenario		
	I	II	III
1	0,73	0,67	0,69
2	-0,04	-0,02	-0,03
3	0,17	0,21	0,17
4	0,02	0,04	0,02
5	-0,11	-0,15	-0,10
6	0,2	0,25	0,18
7	-0,11	-0,08	-0,10
8	-0,12	-0,10	-0,10
9	-0,11	-0,15	-0,11
10	-0,35	-0,40	-0,33
11	-0,29	-0,32	-0,28
12	0,03	0,04	0,03
13	0,29	0,24	0,28

Tab. 3.1: Regressionskoeffizienten einer stufenweisen Regression der Szenarien

Literaturverzeichnis

- [de03] de Vries, W. et al.: Uncertainties in the fate of nitrogen II: A quantitative assessment of the uncertainties in major nitrogen fluxes in the Netherlands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 66, S. 71-102, 2003.
- [Gu02] Guinée, J. B et al.: Handbook on life cycle assessment-operational guide to the ISO standard. Kluwer Academic Publishing, Dordrecht; 2002.
- [LR07] Lloyd S. M., Ries R.: Characterizing, propagating, and analyzing uncertainty in life-cycle assessment - A survey of quantitative approaches. *Journal of Industrial Ecology* 11, S.161-179, 2007.
- [Me12] Meyer-Aurich A. et al.: Impact of uncertainties on greenhouse gas mitigation potential of biogas production from agricultural resources. *Renewable Energy* 37 (2012), S. 277-284.

Systemische Anforderungen an ein autonomes Groß- technikszENARIO als zukünftiges Pflanzenbausystem

Till-Fabian Minßen¹, Cord-Christian Gaus² und Lisa-Marie Urso³

Abstract: Wie können landwirtschaftliche Pflanzenbausysteme mit autonomen Maschinen funktionieren und dabei Ressourcen und Kosten gegenüber konventioneller Technik einsparen, um eine nachhaltigere Produktion zu ermöglichen? Diese systemische Frage ist für realistische Aussagen interdisziplinär zu beantworten. Daher bearbeiten das Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge der TU Braunschweig, das Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz des Julius Kühn-Institutes und das Thünen-Institut für Betriebswirtschaft dieses Thema im Rahmen des Kooperationsprojektes „Mit autonomen Landmaschinen zu neuen Pflanzenbausystemen“. Autonome Großtechnik benötigt für einen effizienten und sicheren Feldbetrieb neuartige Sensortechnologie und eine Infrastruktur zur sicheren Datennutzung. Wetter- und Standortdaten werden in umfassenden Farm Management- und Informationssystemen verarbeitet. Für die Durchführung von Feldarbeiten eines Ackerbaubetriebes mithilfe autonomer Technik sind zunächst die Prozesse jedes Arbeitsverfahrens der einzelnen Feldfrüchte in einem System zu betrachten. Anhand dieser Betrachtung werden die systemischen Anforderungen an ein autonomes GroßtechnikszENARIO deutlich und im vorliegenden Beitrag anhand von vier Funktionsebenen am Beispiel der Bodenbearbeitung näher erläutert: Betriebsmanagement, Betriebsstätte, Feldarbeit und Infrastruktur.

Keywords: Autonome Großtechnik, Systemanforderungen, Funktionsebenen

1 Einleitung

Heute bekannte Pflanzenbausysteme stoßen mittlerweile an produktionstechnische Grenzen. Zusätzliche Effizienzsteigerungen sind vor allem durch weiterentwickelte Produktionssysteme und die fortschreitende Automatisierung zu erreichen [Mi15]. Im Rahmen des Forschungsprojektes „Mit autonomen Landmaschinen zu neuen Pflanzenbausystemen“ sollen durch die Weiterentwicklung heutiger Verfahren besonders die Chancen und Risiken der Autonomisierung zukünftiger Pflanzenbausysteme umfassend herausgestellt werden. Dazu wird ein gesamtes autonomisiertes Produktionssystem eines Modellbetriebs mit den bekannten Verfahrensschritten für typische Feldfrüchte entwickelt. Anhand der Bodenbearbeitung werden im Folgenden die Anforderungen solcher Systeme je Funktionsebene erläutert.

¹ Technische Universität Braunschweig, Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Langer Kamp 19 a, 38106 Braunschweig, t-f.minssen@tu-braunschweig.de

² Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Betriebswirtschaft, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, cord-christian.gaus@ti.bund.de

³ Julius Kühn-Institut, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, lisa-marie.urso@jki.bund.de

2 Systemische Anforderungen

Systemische Aspekte autonomer Großmaschinen wie Organisation, Robustheit und Gleichmäßigkeit der Prozesse, Betriebssicherheit und Datenschutz sind gegenwärtig nicht umfassend gegeben und unterscheiden sich teilweise je Arbeitsverfahren. Dabei gliedert sich die Betrachtung in vier Funktionsebenen, mit deren Hilfe ein Großtechnik-szenario betrachtet und bewertet wird.

In der **Funktionsebene Management** wird zunächst unter Einbeziehung von pflanzenbaulichen und organisatorischen Faktoren das Arbeitsverfahren, in dem vorliegenden Beispiel die Bodenbearbeitung, vom Betriebsleiter geplant. Dabei trifft dieser die Entscheidung über die Art der Bodenbearbeitung, um die individuelle Betrachtung bezüglich Vor- und Folgefrucht sicherstellen zu können. Er wird von einem *Farm Management Information System* (FMIS) unterstützt [So10]. Zudem gehen unter anderem auch die Wetterdaten und das vorhandene Zeitfenster zwischen Ernte und Aussaat als wichtige Datengrundlage mit in diese Ebene ein. Die optimale Maschinenkombination ist eine wesentliche Grundlage für die Einsatzplanung der Bodenbearbeitung. Daneben spielt auch die Bedarfserfassung und -beschaffung von Ersatzteilen eine Rolle. Entscheidend für das Management autonomer Feldarbeit ist den Personaleinsatz entsprechend zu planen, um für die jeweiligen Arbeitsschritte den genauen Bedarf abzudecken (Abb. 1).

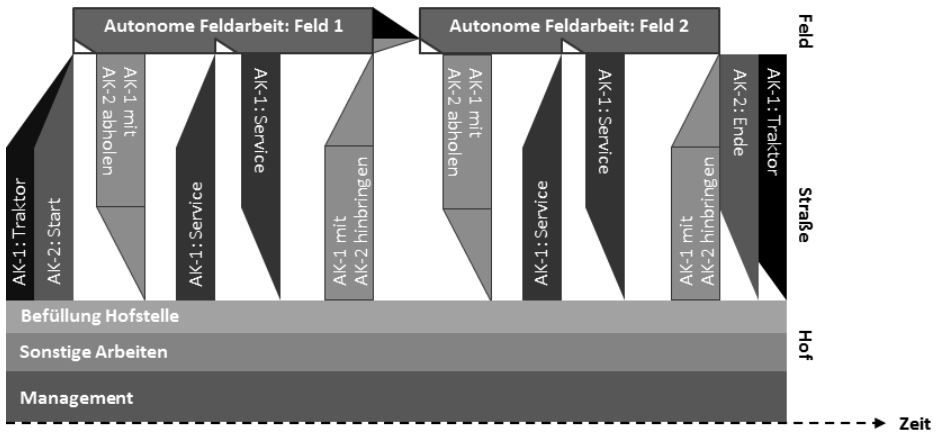


Abb. 1: Veränderter Arbeitszeitbedarf für die Feldarbeit eines Modellbetriebs mit autonomer Großtechnik

Der Abbildung 1 folgend muss für den Start des autonomen Feldbetriebs die Maschine zunächst zum Feld gebracht werden. Daneben ist eine zusätzliche Arbeitskraft (AK) erforderlich, um mit einem Personenkraftwagen den Traktorfahrer wieder vom Feld abzuholen. Allerdings kann dies mit der praxisüblichen Arbeits- bzw. Prozesskontrolle, oben jeweils abgebildet als weißes Dreieck, verknüpft werden. Diese Arbeitszeiten können somit beim autonomen Feldbetrieb nicht als Arbeitszeitersparnis geltend gemacht

werden. Auf der anderen Seite würden die Möglichkeit eines autonomen Straßentransportes sowie arrondierte Betriebsstrukturen positive Auswirkungen auf die notwendige Organisation und den Arbeitszeitbedarf eines solchen Produktionssystems haben.

In der nächsten **Funktionsebene Betriebsstätte** werden alle Arbeiten beschrieben, die vor Beginn der Feldarbeit auf der Betriebsstätte ablaufen. Die Überprüfung und Sicherstellung der Maschinen bezüglich Betriebsstoffen und Verschleißteilen wird hier zunächst durchgeführt. Anschließend wird das Gerät für das Arbeitsverfahren automatisch vom Schlepper angekoppelt.

In der **Funktionsebene Feldbetrieb** werden die Anforderungen an die Maschine während der Feldarbeit beschrieben. Zu Beginn der Feldarbeit wird diese geplant, wofür in einem ersten Schritt eine Routenplanung notwendig ist. Diese berücksichtigt die Feldform, bekannte Hindernisse und auch geplante Nachfüllaktivitäten. Neben der groben Route wird zudem die genaue Trajektorie (Pfad) geplant, abhängig von Umfeldbedingungen wie auftretenden Hindernissen oder der Bodenbeschaffenheit. Die grundlegenden Prozessparameter wurden bereits in Managementebene festgelegt. Während der Feldarbeit müssen diese nun kontinuierlich überprüft und eingestellt werden. Die jeweiligen Einstellungen müssen durch eine Wissensbasis oder Prozessintelligenz aus den Messungen abgeleitet werden. Im Beispiel der Bodenbearbeitung mit einem Grubber sind neben den Fahrparametern Trajektorie, Umfeld und Kraftübertragung auch folgende Prozessparameter zu überwachen: Arbeitstiefe, Krümelung, Gleichmäßigkeit der Bodenoberfläche, Durchmischung, Rückverfestigung, Volumen-änderung und Bodenbedeckung. Anhand dieser überprüften Zustandsparameter müssen von der Maschine auf Basis von Kenntnissen über Wirkzusammenhänge bestimmte Maschineneinstellungen vorgenommen werden. Während der Bodenbearbeitung können als Maschinenparameter im Betrieb die Arbeitstiefe, die Fahrgeschwindigkeit sowie die Rückverfestigung variiert werden. Als Fahrparameter lassen sich wiederum die Geschwindigkeit, Querregelung, Ballastierung sowie der Antriebsstrang einstellen. Ein Beispiel eines solchen Wirkzusammenhanges ist die Auswirkung einer höheren Fahrgeschwindigkeit auf die Durchmischung während der Bodenbearbeitung. Die einstellbare Fahrgeschwindigkeit ist aber von der Maschinenkombination abhängig und beeinflusst den Kraftstoffverbrauch exponentiell. Die Prozessintelligenz muss also eine optimierte Einstellung aller Parameter finden. Für die Bodenbearbeitung ist ein teilautonomer Betrieb denkbar. Der Bediener befindet sich nicht mehr auf dem Traktor, sondern beaufsichtigt die Arbeiten beispielsweise vom Betriebsbüro aus. Die Maschine sendet regelmäßig Statusmeldungen, anhand derer der Bediener die Arbeit überprüft. In besonderen Situationen stoppt die Maschine, der Bediener kann dann online überprüfen, ob eine Weiterfahrt möglich ist. Ist dies nicht der Fall, muss er zum Feld fahren, um dort die Maschine wieder betriebsbereit zu machen (Abb. 1). Zum sicheren Betrieb der Maschine sind umfassende Sensorsysteme mit entsprechender Datenfusion und semantischer Interpretation notwendig [St09]. Ein aktueller Normentwurf für hochautomatisierte Landmaschinen wird zurzeit diskutiert und überarbeitet [IS15].

Um die oben genannten Anforderungen und Tätigkeiten erfüllen zu können, ist eine umfassende **Infrastruktur** notwendig. Im Bereich des Datenaustausches und der Datennutzung ist beispielsweise eine durchgängige und ausfallsichere Kommunikation nötig, die heute noch nicht gegeben ist. Zusätzlich müssen Möglichkeiten geschaffen werden, um die in großem Maße anfallenden Daten effizient zu sichern, zu nutzen und weiterzugeben.

3 Zusammenfassung und Ausblick

Anhand der aufgezeigten systemischen Anforderungen je Funktionsebene wird deutlich, dass ein umfassender Ansatz notwendig ist, um alle Auswirkungen und Chancen autonomer Technik für Pflanzenbausysteme zu beschreiben. Die Betrachtung des Großtechnikszenarios bezieht sich für die Analyse autonomer Landmaschinen auf vier Ebenen: Management, Betriebsstätte, Feldbetrieb und Infrastruktur. Im Rahmen des Forschungsprojektes werden sowohl autonome Groß- als auch Kleinmaschinen und deren Kombinationen untersucht, um diese technisch, pflanzenbaulich und betriebswirtschaftlich zu bewerten. Mit der zukünftigen Gegenüberstellung der jeweiligen Systemanforderungen, entsprechend von Groß- und Kleintechnikszenarien, werden sich abschließend Vor- und Nachteile für neue Pflanzenbausysteme quantifizieren lassen.

Danksagung: Dieses Forschungsprojekt wird durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms „Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft“ gefördert.

Literaturverzeichnis

- [So10] Sørensen, C.G.; Fountas, S.; Nash, E.; Personen, L.; Bochtis, D.; Pedersen, Søren Marcus; Basso, B.; Blackmore, S.B.: Conceptual model of a future farm management information system, *Computers and Electronics in Agriculture*, 72(1), 37-47. 10.1016/j.compag.2010.02.003.
- [Mi15] Minßen, T.-F.; Urso, L.-M.; Gaus, C.-C.; Frerichs, L., Backhaus, G. F.; Isermeyer, F.: *Autonomous agricultural machinery for new plant production systems*, 73. Tagung LAND. TECHNIK, VDI Verlag GmbH, 2015.
- [St09] Stiene, S.: *Multisensordfusion zur semantisch gestützten Navigation eines autonomen Assistenzroboters*, Dissertation, Universität Osnabrück, 2009.
- [IS15] ISO/DIS 18497 *Agricultural machinery and tractors -- Safety of highly automated machinery*.

Datenmanagement in Landwirtschaft und Landtechnik

Jens Möller¹ und Johannes Sonnen¹

Abstract: Die Optimierung landwirtschaftlicher Produktionsprozesse und die Verfügbarkeit einer guten Informations- und Kommunikationstechnologie sind in den nächsten Jahren essenziell. Durch eine herstellerübergreifende Anbindung existierender Produkte (Maschinen, Betriebsmittel, etc.) ließen sich landwirtschaftliche Produktionsprozesse deutlich besser optimieren. Insbesondere kleine und mittelständische Hersteller hätten ein großes Interesse an einer herstellerübergreifenden Datenaustauschplattform, die optimal an andere Softwaresysteme, wie z.B. Farmmanagement Informations-systeme, Telemetrie Systeme, externe Services, etc. angebunden ist. Auch die Umsetzung der Standardisierung von Schnittstellen und Datenformaten wird sich vereinfachen. Ebenso wird die Vernetzung mit weiteren Teilnehmern des Agrarbusiness möglich sein.

Keywords: Landwirtschaftlicher Produktionsprozess, Informations- und Kommunikationstechnologie, herstellerübergreifendes Datenmanagement, Vernetzung, Farmmanagement Informations-systeme, herstellerübergreifender Datenaustausch

1 Ausgangssituation

Das Thema Datenerfassung, -transfer, -haltung und -verarbeitung (kurz: Datenmanagement) ist das wohl aktuellste Thema in der Agrarbranche. Durch die zunehmende Komplexität der landwirtschaftlichen Prozesse und die zunehmende Menge an Daten und Informationen, besteht ein Marktbedarf an neuen Datenmanagementkonzepten. Hierzu gehören z.B. Farm Management Informationssysteme, Datendrehscheiben, Datenbanken, Datenhaltung und Anwenderapplikationen. Es sind neue Features, wie Datenauswertungen, Dokumentation der Prozesse und Entscheidungsunterstützung gefragt. Auch sollen Maschinendaten automatisch erfasst und in das System übertragen werden. Darüber hinaus wird die Bedienung der Systeme durch Consumer Endgeräte (Tablets, Smartphones etc.), erwartet. Hierzu gehört auch der Trend zur Web-Anwendung.

2 Aktuelle Markt- und Wettbewerbstrends

Die Agrarmanagement Softwarebranche und auch die klassischen Landtechnikhersteller müssen sich den oben genannten Trends stellen und handeln. Neue Produkte müssen entwickelt und dem Markt zur Verfügung gestellt werden. Mit den zunehmenden Bedürfnissen der Kunden verschiedene Teilnehmer der landwirtschaftlichen Produktionsprozesse zu vernetzen, steigt die Komplexität der herzustellenden N zu N Verbindungen

¹ DKE GmbH, Albert-Einsteinstr. 1, 49076 Osnabrück, jens.moeller@agbrain.de, johannes.sonnen@agbrain.de

(Abb.).

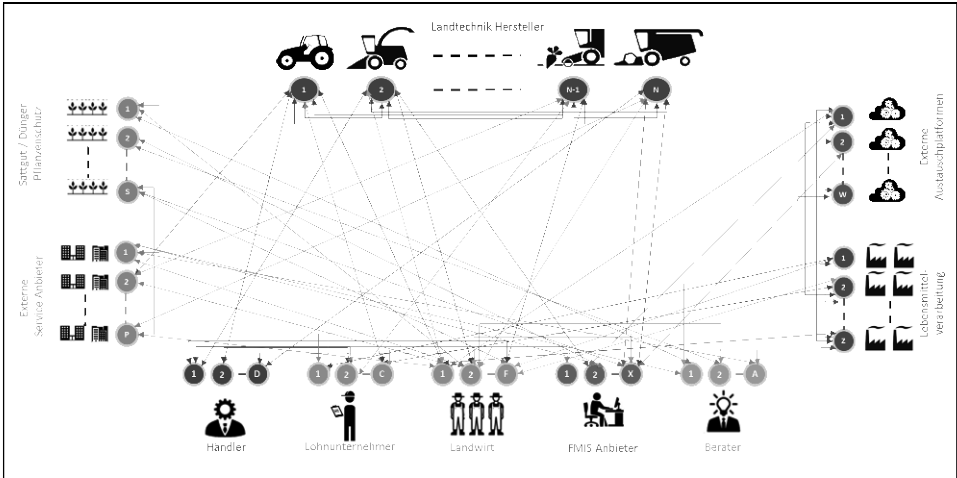


Abb.1: Aktuelle Situation im landwirtschaftlichen Datenmanagement (N zu N Verbindungen)

3 Kundenbedürfnisse

Die Erwartungshaltung der Kunden ist heute stark durch Anwendungserfahrungen im Consumer Bereich und durch das Wissen über die verfügbaren Technologien, insbesondere bei der Generation der „Digital Natives“, geprägt. Heutige Anforderungen an eine moderne Softwareplattform sind:

- Offener u. herstellerübergreifender Datenaustausch ohne Konvertierungsprobleme zur Optimierung und Effizienzsteigerung landwirtschaftlicher Produktionsprozesse
- Attraktive qualitative hochwertige Datenaustausch-Plattform zur Anbindung von Dritt Anbieter Diensten (Apps)
- skalierbare Produktfunktionalitäten durch modularen Aufbau
- automatische Erfassung, Interpretation und Auswertung von agronomischen Prozessdaten
- Verfügbarkeit von Informationen an jedem Ort und zu jeder Zeit
- Keine zentrale Speicherung von Nutzungsdaten / Eigenbestimmung zur Speicherung von Nutzungsdaten

Zur AGRITECHNICA 2015 wurden viele neue Softwareprodukte vorgestellt, auf die an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden soll.

4 Ein neuer herstellerübergreifender Ansatz

Im Abb. 1 ist ein neuer herstellerübergreifendes Konzept des Datenaustausch dargestellt. Das Zentrum des dargestellten Datenmanagementsystems ist eine Datendrehscheibe, an die weitere Softwareapplikationen angebunden werden können. In dem ausgearbeiteten Konzept (Abb. 2) sind im Bereich Maschinensektor die angebundenen Maschinen dargestellt. Maschinen können direkt oder indirekt über existierende herstellereigene Systeme angebunden werden. In dem App Sektor Bereich (Abb.3) sind exemplarisch Softwareapplikationen, wie z.B. Farmmanagement Systeme aufgeführt, die vom Endbenutzer entsprechend seiner Bedarfe angebunden werden können.

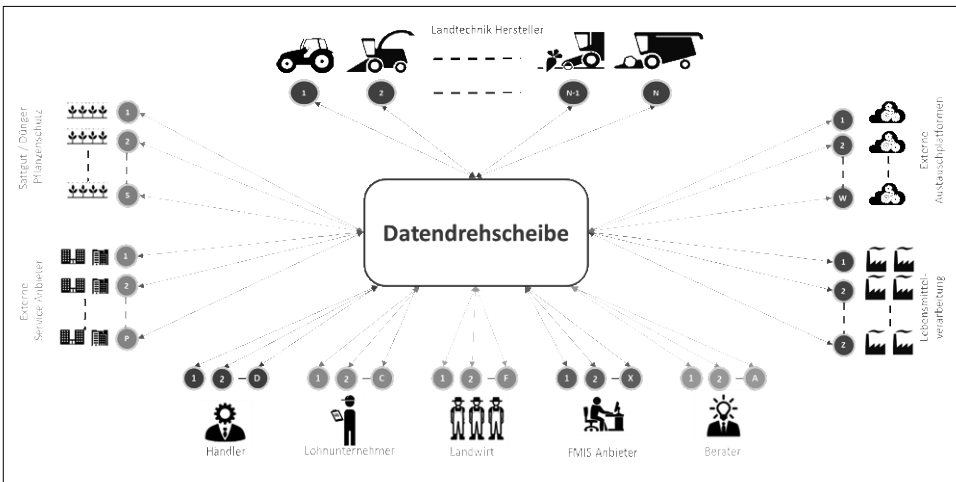


Abb.2: Zukünftige Situation im landwirtschaftlichen Datenmanagement (N zu 1 Verbindung)

Auch Softwareapplikationen von Drittanbietern (z.B. Applikationskarten) sowie Softwareapplikationen der Landmaschinenhersteller können angebunden werden. In der Datendrehscheibe selbst gibt es einen App-Infobereich, in dem alle getesteten Applikationen kategorisiert aufgelistet sind, um dem Endbenutzer einen zentralen schnellen Überblick über den vorhandenen App Umfang geben zu können.

Neben dem App-Infobereich legt das Daten- und Verbindungsmanagement fest, wer mit wem wie lange Daten austauschen darf. Die Rechte werden grundsätzlich vom Besitzer der Daten gesetzt. Eine solche herstellerübergreifende Plattform hat für alle Beteiligten Vorteile. Die bisherigen sog. 1:1 Verbindungen fallen weg (siehe Abb.). Hierdurch haben die jeweiligen Kommunikationspartner (z.B. Landmaschinen- und FMIS Hersteller) einen deutlichen niedrigeren Aufwand bei der Pflege der jeweiligen Schnittstellen für die 1:1 Verbindung. Auch weitere Prozessteilnehmer, z.B. aus der Betriebsmittelbranche könnten sich anbinden und z.B. wichtige Informationen für Maschinen oder FMIS zur Verfügung stellen und so helfen die Produktionsprozesse zu optimieren. In der gesamten Produktionskette bis hin zum fertigen Lebensmittel kann die heutige Dokumentations-

pfligt deutlich vereinfacht werden und auch zukünftige Anforderungen wird man gut erfüllen können.

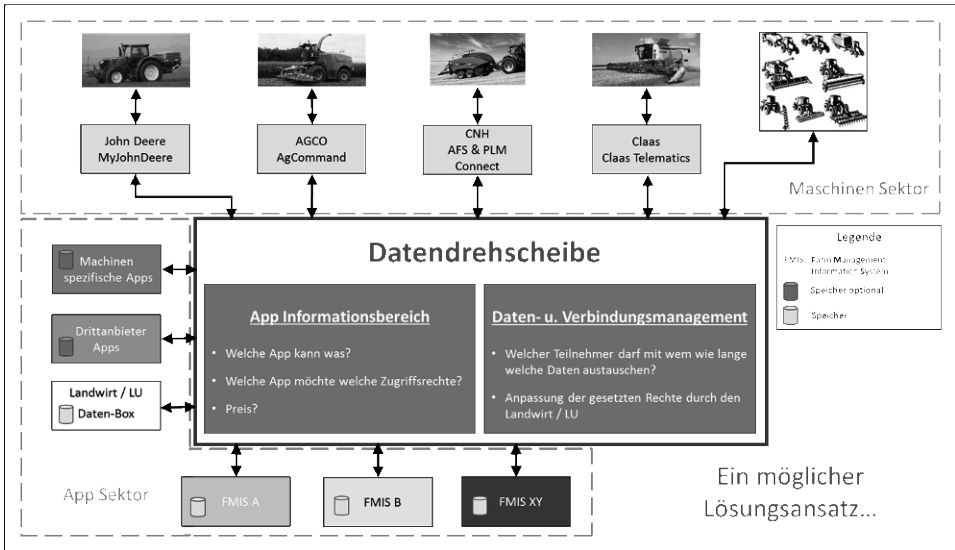


Abb. 3: Das Konzept einer herstellerübergreifenden Datendrehscheibe

5 Zusammenfassung

- Das gesamte Agrarbusiness vernetzt sich zunehmend
- Maschinen/Anlagen in den jeweiligen Prozessen vernetzen sich zunehmend untereinander
- Betriebs- und Steuerungsdaten werden immer relevanter und fester Bestandteil bei der Prozessoptimierung auf den landwirtschaftlichen Betrieben
- Neue Technologien (Smartphones, Tablets, Cloud) entwickeln sich zum Standardinstrument im Bereich des Datenmanagements und beeinflussen z.B. damit die bisherigen klassischen Terminalentwicklungen
- Die Verfügbarkeit von Daten an jedem Ort und zu jeder Zeit entwickelt sich zur Selbstverständlichkeit

Feldtaugliche Multisensorplattform für High-Throughput Getreidephänotypisierung – Aufbau und Datenhandling

Kim Möller¹, Mario Jenz¹, Markus Kroesen¹, Dominik Losert², Hans-Peter Maurer²,
Dominik Nieberg¹, Tobias Würschum² und Arno Ruckelshausen¹

Abstract: Die nachfolgende Arbeit stellt den mechanischen und elektronischen Aufbau, sowie die Funktionsweise für die feldtaugliche Phänotypisierungsplattform „BreedVision“ vor. Die Multisensorplattform kann in verschiedenen Getreidesorten eingesetzt werden und es wurden bereits erfolgreiche Referenzfahrten in Triticale, Roggen und Weizen durchgeführt. Erste Testfahrten haben 2015 außerdem in Hafer und Gerste stattgefunden, Mais ist in Planung.

Keywords: Pflanzenphänotypisierung, Outdoor, Multisensorplattform, Sensor-Datenfusion

1 Einleitung

Pflanzenzüchter sind an einer akkuraten und kosteneffizienten Phänotypisierung neuer Genotypen verschiedener Getreidesorten interessiert. Die Genotypen werden dazu, je nach Größe des Züchtungsbetriebs, in mehreren hundert Feldparzellen angebaut. Sensoren spielen zur Merkmalerfassung eine immer wichtigere Rolle da sie auch Merkmale erfassen die Züchter auf dem Feld nicht bewerten können (z. B. Wassergehalt), sowie objektive und differenzierte Daten über eine gesamte Parzelle liefern (z. B. Wuchshöhe). Für die Bewertung der Entwicklung der Pflanzen während der Wachstumsphase und des Kornertrags, der z. Zt. noch mit einem Parzellenmähdrescher bestimmt wird, dürfen die Parzellen jedoch weder von der Sensorik noch vom Sensorträger beschädigt werden. Es kommt daher nur der Einsatz optischer bzw. akustischer Sensoren und einem entsprechend dimensionierten Sensorträger („Phänotypisierungsplattform“, [MMR07]) in Frage um Pflanzen-irritationen zu minimieren. Je nach Komplexität des zu bestimmenden Pflanzenparameters (z. B. Biomasse), sind zum Teil auch mehrere Sensoren notwendig. Deren Daten werden miteinander fusioniert um ein (genaueres) Ergebnis zu berechnen. Für das von der BMEL und FNR e.V. geförderte interdisziplinäre Projekt *predbreed* wurde, basierend auf dem BreedVision-Konzept [Bu13], eine feldtaugliche, selbstfahrende Phänotypisierungsplattform aufgebaut die für einen Einmannbetrieb ausgelegt ist.

¹ 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

2 Mechanischer Aufbau

Die Sensorplattform wurde als Sonderanfertigung auf Basis des Zürn Z550 entwickelt. Dabei wurde in der Mitte des Fahrzeugs ein Rahmen konstruiert in dem ein Applikationsmodul eingesetzt werden kann. Der Einbauort zwischen den Achsen hat insbesondere den Vorteil, dass Unebenheiten auf dem Feld weitaus weniger störende Bewegungen verursachen als vor oder hinter den Achsen.

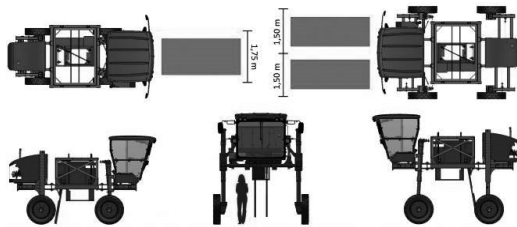


Abb.1: Mechanische Verstellungsmöglichkeiten der BreedVision-Plattform

Das Fahrzeug wurde mit Verstellungsmöglichkeiten in der Durchfahrts Höhe (1,27 bis 2,17 m) und Spurbreite (1,75 bis 3,00 m) geplant um bei züchterspezifischen Parzellendesigns, verschiedenen Wachstumsstufen und Getreidesorten eingesetzt werden zu können. Dabei können Parzellen mit einer Spurbreite von weniger als 1,75 m durch ein aus der Mitte platzierbares Sensormodul ebenfalls vermessen werden.

Das Sensormodul zur Pflanzenphänotypisierung, das in dem Rahmen eingesetzt wird, besitzt eine sog. „Messbox“. Die Messbox beinhaltet mehrere Sensoren und hat einen vertikalen Verfahrbereich von 100 cm. Dadurch können Sensoren mit einem eingeschränkten Fokusbereich auf einen optimalen Abstand über den Pflanzen positioniert werden. Dies geschieht voll automatisiert während der Fahrt [JMNR16].

3 Multi-Sensorsystem

Zur Bestimmung von Pflanzenparametern (z. B. Wuchshöhe, Feucht- und Trockenbiomasse) werden unterschiedliche Selektivitäten der Sensoren (z. B. optisch oder akustisch), Konzepte zur Sensorfusion sowie Redundanzen zur Verbesserung der Robustheit verwendet. In Verbindung mit den Ergebnissen umfangreicher Vorarbeiten und Feldversuchen [Bu13] werden diese Konzepte mit Lichtgittern (seitliche Ansicht), RGB/NIR/3D-Kameras, Triangulations- und Ultraschallsensoren sowie Hyperspectral Imaging (z.B. Wassergehalt) umgesetzt. Auch Subsysteme, die nicht direkt für die Bestimmung von Pflanzeigenschaften verwendet werden (Rotationsencoder, GPS oder ein angesteuerter Servo für die Höhenverstellung der Sensorbox) gehören dabei mit zum Systemkonzept, da sie wichtige Metadaten für eine Multi-Sensorfusion liefern, die Qualität der Aufnahmen steigern und dem Züchter Qualitätsparameter über die Parzelle (z. B. Parzellenlänge) liefern.

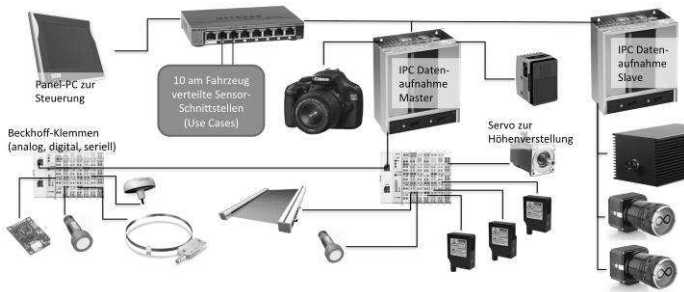


Abb.2: Systemaufbau der BreedVision-Sensordatenerfassung

Das Aufnahme-System wurde mit Industriestandardkomponenten der Firma Beckhoff aufgebaut und besteht aus mehreren Komponenten: Ein Industrie-PC agiert als Master. Er ist mit sog. EtherCat Komponenten, ein Echtzeit Ethernet System, verbunden, an denen Sensoren angeschlossen sind. Weitere bildgebende Sensorsysteme (Spectral-Imaging-System und Raytrix-Kameras) sind aufgrund ihrer hohen Datenraten an einem weiteren PC, den sog. Slave, angebunden. Das Gesamtsystem wird über eine selbstentwickelte Softwarelösung gesteuert.

Das System wurde sowohl im Bereich der Hardware als auch im Bereich der Software modular gestaltet. D. h. die Integration neuer Sensoren ist in einem übersichtlichen Zeitrahmen möglich. Mit der Nutzung von Standard-Industriekomponenten ist eine hohe Verfügbarkeit und schnelle Instandhaltung gewährleistet. Das System lässt sich auch von Nicht-Technikern über ein benutzerfreundlich gestaltetes User-Interface bedienen und kontrollieren. Bei schwerwiegenden Problemen ist eine Fernwartung möglich.

4 Datenhandling

Die Datenrate und -größe der verwendeten Sensoren sind sehr unterschiedlich. Für eine Multi-Sensordaten-Fusion eignet sich daher ein Datenbanksystem in der die Rohdaten mit einem Zeitstempel abgespeichert werden. In der Datenbank wird auch Einbauort und Blickrichtung der jeweiligen Sensoren hinterlegt, so dass über den Zeitpunkt der Aufnahme, in Verbindung mit einem hochauflösten Ortswert (Drehgeber mit einer Auflösung von < 1 mm), Daten von mehreren Sensoren miteinander fusioniert werden können. Zusätzlich werden in der Datenbank Feldpläne mit Zeitstempeln versehen um die berechneten Pflanzenparameter entsprechenden Pflanzenparzellen zuordnen zu können [MR15]. Die Sensor-Rohdatenspeicherung erfolgt verteilt auf den Systemen an denen sie physikalisch angeschlossen sind um den Datenverkehr im Netzwerk möglichst gering zu halten. Nach erfolgter Aufnahme werden die verteilten Datenbanken per Netzwerk oder externen Speichermedium auf einem Server zusammengeführt.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde eine flexible Phänotypisierungsplattform – zunächst für Getreide – mit Tagesleistungen bis zu 2000 Parzellen vorgestellt. Durch den modularen Aufbau der Hard- und Software ist das System auch für zukünftige, andere oder neue Sensoren und Bestimmung von weiteren Pflanzenparametern in verschiedenen Kulturarten gewappnet.



Abb.3: Phänotypisierungsplattform „BreedVision“ bei Feldtests 2015 in Hohenheim

Danksagung: Das Forschungsprojekt *predbreed* wird vom Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) und der Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovationen e.V. (GFPI) gefördert.

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.
- [JMNR16] Jenz, M., Möller, K., Nieberg, D., Ruckelshausen, A.: Automatisierte Höhennachführung eines Multisensorsystems zur Feldphänotypisierung in: Ruckelshausen, A., Schwarz, H.-P., Theuvsen, B. (Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst-, und Ernährungswirtschaft, Referate der 36. GIL-Jahrestagung, 22.-23. Februar 2016, Osnabrück
- [MR14] Möller, K., Ruckelshausen, A.: “Datenmanagement für Ultra-High-Precision-Phenotyping in Feldversuchen“, in: Ruckelshausen, A., Schwarz, H.-P., Theuvsen, B. (Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst-, und Ernährungswirtschaft, Referate der 35. GIL-Jahrestagung, 23.-24. Februar 2015, Geisenheim, S. 117-120, ISBN 978-3-88579-632-9.
- [MMR07] Montes, J. M., Melchinger A. E., Reif J. C. (2007) Novel throughput phenotyping platforms in plant genetic studies. *Trends Plant Sci* 12:433–436

Landwirtschaftliches Beratungsinstrument für das Erosionsmonitoring auf der Basis von räumlich und zeitlich hoch aufgelösten Geodaten

Markus Möller¹ und Henning Gerstmann²

Abstract: Bodenerosion auf landwirtschaftlich genutzten Flächen hat negative Folge sowohl für die Umwelt (Boden- und Gewässerqualität) als auch für Landwirtschaftsbetriebe (Verringerung der Bodenfruchtbarkeit und Erträge). Die Bodenbedeckung ist ein entscheidender Faktor für die Bewertung des Bodenerosionsrisikos. Der Bodenbedeckungsgrad von Ackerfrüchten ist kulturartenspezifisch und abhängig von der jeweiligen phänologischen Entwicklungsphase der Kulturart. Der Beitrag zeigt, wie Schlag- und Phasen-spezifische sowie Satellitenbild-basierte Vegetationsindex-Zeitserien generiert werden können. Dadurch eröffnen sich neue Möglichkeiten des flächenhaften Monitorings von Bodenbedeckungsgradzuständen und der zeitlich-dynamischen Erosionsmodellierung.

Keywords: Bodenerosion, Bodenbedeckung, Satellitenbildanalyse, Phänologie

1 Einleitung

Bodenerosionsprozesse durch Wasser sind das Ergebnis einer Störung des Faktoren-gleichgewichtes zwischen Niederschlag, Relief, Boden und Landnutzung, wobei zeitlich stabile (Boden, Relief) und variable Faktoren (Bodenbedeckung, Niederschlag) unterschieden werden [VMW10]. In Deutschland wird von einer Zunahme des Bodenerosionsrisikos ausgegangen, die mit dem prognostizierten Klimawandel und der damit verbundenen Zunahme von erosionswirksamen Starkniederschlagsereignissen im Zusammenhang steht [Ro14]. Die Lokalisierung von Maßnahmen des vorsorgenden Bodenschutzes erfordert zeitlich und räumlich hochaufgelöste Flächendatensätze, die die Dynamik der variablen Faktoren abbilden [Ev13]. Während Niederschlagsinformationen des Deutschen Wetterdienstes diesen Ansprüchen genügen [GH2008], mangelt die Bereitstellung von Kulturarten- und Phasen-spezifischen Bodenbedeckungsinformationen an der Verfügbarkeit von Satellitenbildern hoher zeitlicher *und* räumlicher Auflösung sowie korrespondierenden phänologischen Informationen. In diesem Beitrag wird am Beispiel der Ackerfrucht Winterweizen für ein Untersuchungsgebiet in Sachsen-Anhalt skizziert, wie Zeitreihen simulierter Satellitenbilddaten und Flächendatensätze phänologischer Entwicklungsstadien generiert und kombiniert werden können. Abschließend

¹ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Landwirtschaftliche Betriebslehre, Karl-Freiherr-von-Fritsch-Straße 4, 06120 Halle (Saale), markus.moeller@landw.uni-halle.de

² Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Geofernerkundung und Kartographie, Von-Seckendorff-Platz 4, 06120 Halle (Saale), henning.gerstmann@geo.uni-halle.de

wird aufgezeigt, welche Handlungsoptionen sich für die zeitlich-dynamische Erosionsmodellierung ergeben.

2 Methodik

Entsprechend Abbildung 1 gliedert sich die methodische Vorgehensweise in vier Teile: (1) Das Modell PHASE ist Bestandteil des Web-basierten Prognose- und Auskunftssystem PhenoS³. PHASE ist ein temperatursummengetriebenes Vegetationsentwicklungsmodell, das eine automatische deutschlandweite Interpolation von phänologischen Phasen ermöglicht. Als Eingangsdaten dienen beobachtete Julianische Eintrittsdaten phänologischer Ereignisse einer Fruchtart (*JD*) und tägliche Messungen der Tagesmitteltemperatur (*T*) des Deutschen Wetterdienstes sowie das auf eine Rasterweite von 1 x 1 km transformierte SRTM-Höhenmodell (DHM) [Ge16]. (2) STARFM (Spatial and Temporal Adaptive Reflectance Fusion Model) ist ein Satellitenbild-Fusionsansatz, der räumlich hochaufgelöste Index-Zeitserien (*I_{JD}*) aus MODIS⁴- und Landsat⁵-Satellitenbilddaten simuliert [Ga06]. STARFM kann prinzipiell für jedes Gebiet der Erde angewendet werden kann, sofern eine ausreichende Anzahl von wolkenfreien bzw. -armen Satellitenbildszenen verfügbar ist. (3) Beide Zeitserien werden über spezifische Bezugseinheiten (BE; hier: Ackerschläge) in Beziehung gesetzt. (4) Die resultierenden Phasen- und Schlag-spezifischen Index-Medianwerte sind die Grundlage für die Anwendung von Modellen zur Prognose der Bodenbedeckung durch vitale Vegetation (FVC = Fractional Vegetation Coverage) und Pflanzenreste (CRC = Crop Residue Coverage) sowie von Modellen zur Detektion von Bezugseinheiten ohne Vegetationsbedeckung (BS = Bare Soil).

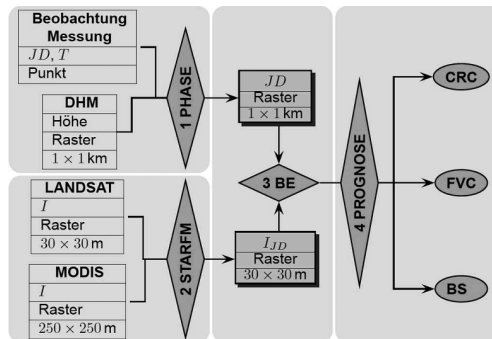


Abb. 1: Fließdiagramm zur Kopplung von modellierten phänologischen Flächendatensätzen und simulierten Satellitenbildzeitreihen als Grundlage für die Schlag- und Phasen-spezifische Ableitung von Bodenbedeckungsgradinformationen.

³ http://paradigmaps.geo.uni-halle.de/wpa_phenos

⁴ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (<http://modis.gsfc.nasa.gov>)

⁵ <http://landsat.gsfc.nasa.gov/>

3 Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 2 zeigt ein Kopplungsergebnis von phänologischen und Satellitenbildinformationen am Beispiel eines 600 km² großen Untersuchungsgebietes in Sachsen-Anhalt, das durch eine intensive ackerbauliche Nutzung gekennzeichnet ist. Winterweizen ist mit 46 % Flächenanteil im Jahr 2011 die dominierende Fruchtart, wofür der Jahresverlauf der phänologischen Phasen bzw. Bodenbearbeitungszeiträume Bestellung (10), Auflaufen (12), Schossen (15), Ährenschieben (18), Milchreife (19), Gelbreife (21) und Ernte (24) dargestellt ist. NE steht für den Zeitraum zwischen Ernte und Bestellung.

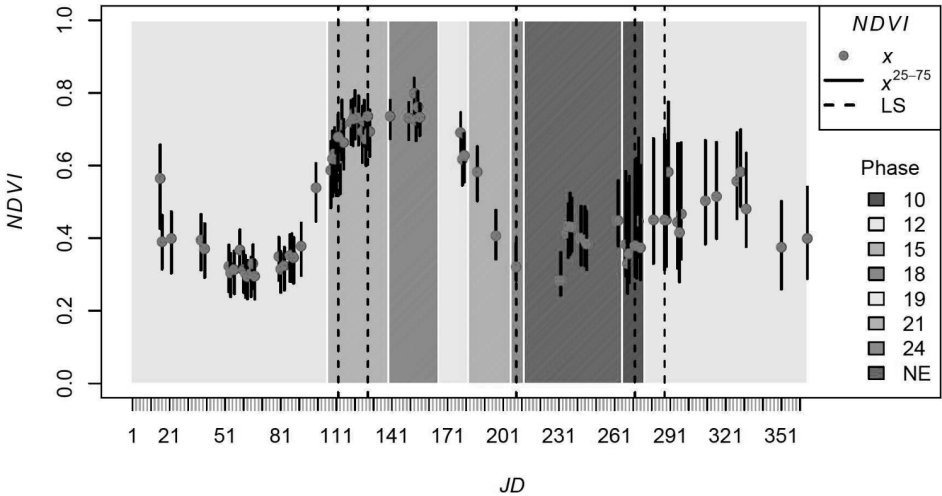


Abb. 2: Kopplungsergebnis von Satellitenbildinformationen und phänologischen Flächendaten.

Die Fusion der MODIS- und Landsat-Satellitenbilder basiert auf vier wolkenfreien bzw. -armen Landsat- (LS) und 73 MODIS-Szenen. Die resultierende Zeitreihe des Vegetationsindex $NDVI^6$ ist in Abbildung 2 in Form von tagesspezifischen Medianen (x) sowie Werteverteilungen zwischen dem 25 % - und 75 %- Quantil veranschaulicht. Der $NDVI$ ergibt sich aus der normalisierten Differenz von Reflexionswerten des roten Wellenlängenbereiches (R) und des nahen Infrarots (NIR) [Tu79]. Da die Reflexion im NIR durch den Chlorophyllgehalt von Pflanzen beeinflusst wird, ist der $NDVI$ ein Indikator für deren Vitalität. Aus dem $NDVI$ lässt sich die Bestandsdichte und damit der Bodenbedeckungsgrad für Mischpixel ableiten. Der $NDVI$ -Wertebereich liegt zwischen 0 und 1, wobei hohe Werte Zeiger für eine hohe und niedrige Werte für eine geringe Bodenbedeckung durch vitale Vegetation sind. Die Aussagekraft des $NDVI$ bezüglich der Bodenbedeckung ist allerdings nur für spezifische Vegetationsphasen gültig. Die kombinierte Betrachtung der phänologischen und Satellitenbildinformationen erlaubt die Detektion von relevanten Zeitfenstern, wann Modelle zur realistischen Prognose der Bodenbede-

⁶ Normalized Difference Vegetation Index

ckung durch vitale Vegetation angewendet werden können. Das betrifft in Abbildung 2 die phänologischen Phasen 10, 12 und 15. Die Phase 18 ist durch eine vollständige Bodenbedeckung mit vitaler Vegetation gekennzeichnet (hohe *NDVI*-Werte). Bei den Phasen 19 und 21 ist trotz geringer *NDVI*-Werte ebenfalls von einer vollständigen Bodenbedeckung auszugehen. Der *NDVI*-Wert wird hier allerdings durch die Abnahme des Chlorophyll-Gehaltes der Pflanzen reduziert.

4 Zusammenfassung

Die skizzierte Vorgehensweise zur Ableitung und Kopplung von Flächendatensätzen phänologischer Entwicklungsstadien von Ackerpflanzen und Satellitenbild-basierten Vegetationsindizes ist der Kern eines sich im Aufbau befindlichen landwirtschaftlichen Beratungssystems. Es dient u.a. der zeitlich-dynamischen Erosionsmodellierung und zur Lokalisierung von Gefährdungsflächen der wassergebundenen Bodenerosion. Dadurch können Vorsorgemaßnahmen des Bodenschutzes räumlich spezifiziert werden. Im Vergleich zu bisher verfolgten Beratungsstrategien in Deutschland erweitert der vorgestellte Ansatz den räumlich-zeitlichen Geltungsbereich. Dadurch besteht für Bodenschutzbehörden und Landwirte die Möglichkeit, nicht nur auf Bodenerosionsereignisse zu reagieren, sondern im Sinne des vorsorgenden Ressourcenschutzes zu agieren.

Literaturverzeichnis

- [Ev13] Evans, R.: Assessment and monitoring of accelerated water erosion of cultivated land – when will reality be acknowledged. *Soil Use and Management* 29, S. 105-118, 2013.
- [Ga06] Gao, F.; Masek, J.; Schwaller, M.; Hall, F.: On the blending of the Landsat and MODIS surface reflectance: Predicting daily Landsat surface reflectance. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 44, S. 2207-2218, 2006.
- [GH08] Gerstner, E.M.; Heinemann, G.: Real-time areal precipitation determination from radar by means of statistical objective analysis. *Journal of Hydrology* 352, S. 296-308, 2008.
- [Ge16] Gerstmann, H., Möller, M., Doktor, D., Gläßer, C.: PHASE: A geostatistical model for the Kriging-based spatial prediction of crop phenology using public phenological and climatological observations. *Computers and Electronics in Agriculture*, in Begutachtung.
- [Ro14] Routschek, A.; Schmidt, J.; Enke, W.; Deutschlaender, T.: Future soil erosion risk - Results of GIS-based model simulations for a catchment in Saxony/Germany. *Geomorphology* 206, S. 299-306, 2014.
- [Tu79] Tucker, C.: Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment* 8, S. 127-150, 1979.
- [VMW10] Volk, M.; Möller, M.; Wurbs, D.: A pragmatic approach for soil erosion risk assessment within policy hierarchies. *Land Use Policy* 27/4, S. 997-1009, 2010.

Ist das generelle Impfverbot gegen Tierseuchen noch zeitgemäß? Eine ökonomische Analyse mit Hilfe des Tierseuchen-Entscheidungs-Unterstützungs-Systems am Beispiel der Klassischen Schweinepest

Maria Näther¹ und Ludwig Theuvsen²

Abstract: Der Ausbruch einer Tierseuche kann für Landwirte eine existentielle wirtschaftliche Gefährdung darstellen. Zudem geht ein Seuchenausbruch bei den betroffenen Tierhaltern aufgrund der Tötung zahlreicher, meist gesunder Tiere mit hohen emotionalen Belastungen einher. Dieses stößt in der Öffentlichkeit ebenfalls auf zunehmendes Unverständnis. Die Forderung nach tierschutzfreundlicheren Bekämpfungsmaßnahmen, etwa in Form einer Notimpfung, rücken daher in der Diskussion immer mehr in den Vordergrund. In diesem Beitrag wird mithilfe eines relationalen Datenbanksystems TEUS eine ökonomische Bewertung der ‚Notimpfung‘ im Vergleich zum ‚Keulen‘ gegen die Klassische Schweinepest unter den derzeitigen Rahmenbedingungen vorgenommen. Die Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz der Notimpfung dem Keulen ökonomisch nicht unterlegen ist, derzeit aber noch die Vermarktung in der Fleischindustrie aufgrund der fehlenden Akzeptanz geimpfter Tiere das größte Problem darstellt. Zudem können in Regionen mit hoher Viehdichte der Mangel an Impfstoff, Personal oder Material zu Herausforderungen bei einer Seuchenbekämpfung durch Notimpfung werden.

Keywords: Klassische Schweinepest, Tierseuchenbekämpfung, Notimpfung, ökonomische Auswirkungen, Tierseuchen-Entscheidungs-Unterstützungs-System

1 Einleitung

Ein Tierseuchenausbruch geht bei den betroffenen Tierhaltern neben den wirtschaftlichen Verlusten meist auch mit hohen emotionalen Belastungen einher [Jü01]. Besonders der letzte Ausbruch der Klassischen Schweinepest (KSP) im Jahr 2006 in Borken und Recklinghausen (Nordrhein-Westfalen) führte in der Öffentlichkeit und der Landwirtschaft zu kontroversen Diskussionen und zur Forderung nach neuen Maßnahmen zur Bekämpfung von Tierseuchen. So wurde in den letzten Jahren viel über eine Notimpfung gegen das KSP-Virus diskutiert, um im Seuchenfall nicht große Mengen gesunder Tiere töten zu müssen [Mo08]. Doch der Rechtsrahmen zur Seuchenbekämpfung und zum Einsatz der Notimpfung stammt noch aus dem Jahr 1990, in dem die EU ein generelles Impfverbot für Tierseuchen beschloss. Der Grund war, dass seinerzeit geimpfte Tiere

¹ Georg-August-Universität Göttingen, Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness,
Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, maria.naether@agr.uni-goettingen.de

² Georg-August-Universität Göttingen, Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness,
Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, Theuvsen@gwdg.de

nicht von infizierten Tieren unterschieden werden konnten und somit keinen einheitlichen Gesundheitsstatus der Tiere im freien Handel im EU-Binnenmarkt gewährleistet werden konnte [Li03]. Seit 2014 gibt es einen neuen Marker-Impfstoff. Dieser Impfstoff (DIVA = Differentiating Infected from Vaccinated Animals) ermöglicht verbesserte Diagnostikmöglichkeiten, eine schnelle Immunität und die sichere Rückverfolgbarkeit geimpfter Tiere [Bl14]. Vor diesem Hintergrund haben sich neue Möglichkeiten der Tierseuchenbekämpfung ergeben; die Bewertung der verfügbaren Lösungsansätze muss nicht nur epidemiologische, sondern auch ökonomische und gesellschaftliche Aspekte einbeziehen. Das Ziel dieses Beitrages ist es, mit Hilfe des IT-basierte *Tierseuchen-Entscheidungs-Unterstützungs-System* (TEUS) am Beispiel der KSP die verfügbaren Bekämpfungsstrategien hinsichtlich ihrer ökonomischen Auswirkungen zu analysieren. Dabei sollen die Notimpfung unter den derzeitigen Rahmenbedingungen und die bisher dominierende Strategie „Keulen“ gegenübergestellt werden.

2 Material und Methoden

Die Grundlage der nachfolgend verwendeten Ergebnisse bildet das relationale Datenbanksystem TEUS, welches mit der Entwicklungsumgebung Gupta Team-Developer 6.2 und dem relationalen Datenbankmanagementsystem SQLBase 11.7 realisiert wurde. TEUS ermöglicht es, eine große Anzahl unterschiedlicher Seuchengeschehen (Szenarien) darzustellen, die zur ökonomischen Bewertung benötigten Algorithmen zu verwenden sowie Sensitivitätsanalysen durchzuführen. Die grundlegenden Annahmen dabei sind, dass die Restriktionsgebiete um den infizierten Betrieb zirkulär sind und es sich entweder um einen singulären oder um multiple Ausbrüche handelt. Mithilfe von Experten aus Veterinärverwaltungen, Wissenschaft, Politik und Wirtschaft sowie einer empirischen Erhebung in über 100 schweinehaltenden Betrieben wurden 22 Kostenarten identifiziert und hinsichtlich ihrer Höhe näher bestimmt. Anschließend wurden diese zu fünf Kostenblöcken (KB) zusammengefasst: (1) Kosten der amtlichen Bekämpfung, (2) Kosten direkt betroffener Betriebe, (3) Kosten indirekt betroffener Betriebe, (4) sonstige Kosten im Agribusiness sowie (5) Auswirkungen auf den Außenhandel [NT15]. Weiter können die Parameter Viehdichte, Größe der Restriktionsgebiete, Bekämpfungsstrategie, Verbringungsverbote, Zeit und Entfernung zwischen den Ausbrüchen sowie die Zeitdauern von Regulierungen (Konsum, Erlöse/kg Schlachtgewicht, Außenhandel), etc. in ihrem Wert variiert werden und fließen durch die verwendeten Algorithmen in die Ergebnismenge aller bewerteten Szenarien, den Entscheidungsraum eines Seuchenausbruchs ein.

3 Ergebnisse und Diskussion

In vielen internationalen Studien [Ba09; Dü13] wurde die Strategie der Notimpfung hinsichtlich ihrer Effektivität untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass ein ca. 2 bis 3 km großer Impfring in etwa dieselbe epidemiologische Effektivität aufweist wie ein 1 km großer Keulungsring. In den folgenden Berechnungen werden daher die drei Vari-

anten „1 km Keulen“ (VAR 1K), „2 km Impfen“ (VAR 2I) und „3 km Impfen“ (VAR 3I) hinsichtlich der entstehenden Kosten miteinander verglichen und in der folgenden Tabelle 1 bei einer Viehdichte von 800 Tieren/km² dargestellt. Diese Viehdichte entspricht etwa den Tierzahlen im Landkreis Borken, die eine Region mit intensiver Schweinehaltung in Deutschland ist [Gr14].

	VAR 1K*	VAR 2I**	VAR 3I***
Kostenblock 1	564.552 €	281.212 €	374.300 €
Kostenblock 2	354.300 €	1.222.392 €	2.675.358 €
Kostenblock 3	586.872 €	557.418 €	508.329 €
Kostenblock 4	114.784.051 €	114.761.706 €	114.761.706 €
Kostenblock 5	117.788.968 €	117.788.968 €	117.788.968 €
Summe	234.078.743 €	234.611.696 €	236.108.660 €

*: 1 km keule; 3 km SB beobachten; 10 km BG beobachten

** : 0,5 km keulen; 2 km impfen; 3 km SB beobachten; 10 km BG beobachten

***: 0,5 km keulen 3 km SB impfen 10 km BG beobachten

Tab. 1: Kostenüberblick der drei verschiedenen Bekämpfungsstrategien

Betrachtet man die Gesamtkosten eines Tierseuchenausbruchs, so liegen diese unter den Annahmen, die den Berechnungen zugrunde liegen, zwischen 234 Mio.€ (VAR 1K) und 236 Mio.€ (VAR 3I). Somit liegen die Ergebnisse unabhängig der gewählten KSP-Bekämpfungsstrategie weniger als 2 % auseinander. Dies bedeutet, dass keine der drei berücksichtigten Varianten der Tierseuchenbekämpfung grundsätzlich ökonomisch deutlich überlegen ist. Da sich die Gesamtkosten bspw. von VAR 1K und VAR 3I kaum unterscheiden und auch die epidemiologische Effektivität nahezu dieselbe ist, kann die Entscheidung für eine Tierseuchenbekämpfungsstrategien unter anderen Aspekten getroffen werden, etwa unter dem Gesichtspunkt ihrer Akzeptanz in der breiten Öffentlichkeit. Dies würde deutlich für den Einsatz der Notimpfung sprechen. Zudem ist bei weiteren Berechnungen mit anderen Viehdichten zu erkennen, dass diese einen vergleichsweise geringen Einfluss auf die entstehenden Gesamtkosten haben. Allerdings kann die Notimpfung in einem Gebiet mit hoher Viehdichte eine logistische Herausforderung darstellen, da genügend Impfstoff, Personal und Material in kurzer Zeit bereitgestellt werden müssen. Unter den gegenwärtigen agrarstrukturellen Bedingungen sind in einem Gebiet mit hoher Vieh- und Betriebsdichte innerhalb des Sperrbezirkes ($r = 3$ km) etwa 60 Betriebe mit ca. 37.000 Schweinen betroffen. Bedenkt man, dass die Anzahl zu impfender Tiere quadratisch mit dem Radius der Restriktionsgebiete ansteigt, so wird ein Zielkonflikt zwischen der epidemiologisch gebotenen Ausweitung der Impfringe und der Möglichkeit der Umsetzung einer Impfstrategie deutlich. Weiter gibt es immer noch die gesetzlich vorgeschriebene Markierung geimpfter Tiere durch den Kreuzinnenstempel, die zwar Transparenz durch die sicherere Unterscheidbarkeit geimpfter und nicht geimpfter Tiere schafft, doch als Folge für Landwirte ein Vermarktungsproblem hervorruft [Gr14].

4 Ausblick

Wäre eine Änderung der Rahmenbedingungen dahingehend möglich, dass die Akzeptanz geimpfter Tiere im Markt verbessert würde, so wäre aus ökonomischer Sicht das „Impfen“ dem „Keulen“ mindestens gleichwertig oder sogar überlegen. Zudem wäre das Impfen erheblich tierschutzfreundlicher und damit gesellschaftlich wesentlich besser akzeptiert und leichter kommunizierbar. Insoweit würde einer Änderung der Gesetzeslage mit dem Ziel der Zulassung zur präventiven Impfung bei der KSP und der Abschaffung des Kreuzinnenstempels nichts im Wege stehen. Eine Änderung der europäischen Rechtslage erscheint allerdings gegenwärtig eher schwierig. Einige EU-Mitgliedstaaten, z.B. Großbritannien und Dänemark, sprechen sich offen gegen eine präventive Schutzimpfung aus, da sie die Antikörperfreiheit nach Vorgaben der OIE weiter befürworten.

Literaturverzeichnis

- [Ba09] Backer, J. A., Hagenaars, T. J., Van Roermund, H. J. W., & De Jong, M. C. M.: Modelling the effectiveness and risks of vaccination strategies to control classical swine fever epidemics. *Journal of the Royal Society, Interface / the Royal Society*, 6(39), S. 849-61, 2009.
- [Bl14] Blome, S.: Expertengespräch, Interviewer Maria Näther, 16.12.2014.
- [Dü13] Dürr, S., Zu Dohna, H., Di Labio, E., Carpenter, T. E., und Doherr, M. G.: Evaluation of control and surveillance strategies for classical swine fever using a simulation model. *Preventive veterinary medicine* 108(1), 73-84, 2013.
- [Gr14] Groeneveld, A.: Expertengespräch, Interviewer Maria Näther, 10.07.2014.
- [Jü01] Jürgens, K.: Tierseuchen in der Landwirtschaft - Die psychosozialen Folgen der Schweinepest für betroffene Familien – untersucht an Fallbeispielen in Nordwestdeutschland, Göttingen, 2001.
- [Li03] Linne, C.: Entwicklung einer oral applizierbaren DNA-Vakzine gegen das Virus der Klassischen Schweinepest - vorrangig zum Einsatz beim Schwarzwild. Hannover, 2003.
- [Mo08] Moennig, V.: Sind Alternativen zum Töten im Tierseuchenfall in Sicht? In: *Proceedings 4. Leipziger Tierärztekongress Schwerpunkt Tierseuchenbekämpfung/Tierschutz*, Leipzig (J. R. Aschenbach, G. Gäbel, & A. Dauschies, Hrsg.), Leipzig, S. 711-714, 2008.
- [NT15] Näther, M; Theuvsen, L.: Ökonomische Bewertung der Tierseuchenbekämpfung: Einsatz eines relationalen Datenbanksystems am Beispiel der Schweinepest. *Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.*, 2015.

Ein E-Learning-Konzept zum Wissenserwerb und -austausch für Praktiker und Studenten

Mario Nast¹, Valentin Heizinger¹, Heinz Bernhardt¹

Abstract: Für die Umsetzung von E-Learning-Veranstaltungen mit Schwerpunkt auf den MINT-Fächern wurde ein didaktisches Konzept entwickelt. Der Fokus liegt dabei auf einem hohen Grad an selbstständiger Lernaktivität der Kursteilnehmer. Gleichzeitig wird durch die Integration einer Projektmethode, über den virtuellen Kursraum hinaus, die Möglichkeit geboten, die akademische Lehre weiter mit der Praxis zu verknüpfen.

Keywords: E-Learning, Distant-Learning, Online-Teaching, didaktisches Konzept

1 Einleitung

Im Jahr 2015 bieten bereits viele Universitäten und Hochschulen reguläre Lehrveranstaltungen als E-Learning- oder Blended-Learning-Kurse an. Die seit Jahren stark steigenden Umsatzzahlen im Bereich E-Learning, im Bezug zu Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen, machen deutlich, dass sich in diesem Bereich noch viel ungenutztes Potential verbirgt. Als Folge dieser stetigen Entwicklung wurden Institutionen, wie beispielsweise im Jahr 2000 die virtuelle Hochschule Bayern gegründet, um die digitale Lehre an Universitäten und Hochschulen zu unterstützen.

Einige Universitäten sowie Hochschulen bieten mit ihren Summerschools die Möglichkeit des Austauschs zwischen Praktikern und Studenten. Dieser beschränkt sich aber noch überwiegend auf Informationen zum Berufsanfang². In der Regel sind dies Präsenzveranstaltungen, welche lediglich eine Ergänzung zur regulären universitären Lehre darstellen. Einen anderen Weg will dieses E-Learning Konzept gehen. Es soll Praktikern und Studenten erlauben, auf einem akademischen Niveau Wissen zu erwerben, aufzufrischen, zu vertiefen, zu diskutieren und direkt mit der Praxis zu verknüpfen. Auf Präsenztermine wie beim Blended-Learning wird dabei gezielt verzichtet. Dabei können traditionelle, didaktische Konzepte allerdings ohne entsprechende Anpassung nur schwer auf diese Form der Lehre angewendet werden [KWS14].

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising, agrarsystemtechnik@wzw.tum.de

² Vgl. hierzu die Programme der Summerschools von 2015 der TU-München, TU-Berlin, TU-Darmstadt und TU-Dresden

2 Grundlagen und didaktisches Konzept

Das vorliegende didaktische Konzept verfolgt einen konstruktivistischen Ansatz und hat es dabei zum Ziel, möglichst alle Maßnahmen dem aktuellen Stand des Wissens anzupassen. So soll jede Maßnahme mit Ergebnissen aus der empirischen Bildungsforschung³ begründet werden.

2.1 Zeitliche Phasen

Ein E-Learning-Kurs gliedert sich nach diesem Konzept in zwei Zeitabschnitte welche wiederum in insgesamt vier Untereinheiten: a) Orientierungsphase, b) Beginn der Kursbearbeitung, c) selbstständige Kursbearbeitung und d) Prüfungsvorbereitungsphase unterteilt werden. Hierbei können a) und b) als Startphase zusammengefasst werden. In dieser machen sich die Lerner mit der Lernumgebung vertraut und beginnen damit erste Aufgaben zu bearbeiten. Die eigentliche Kursphase mit der Bearbeitung von komplexeren Aufgaben, bis hin zum angesetzten Prüfungsniveau, findet vor allem in den Phasen c) und d) statt.

Alle vier zeitlichen Phasen gehen dabei fließend ineinander über. In den Phasen werden entsprechende Lernmaterialien und Aufgaben angeboten. Um die Kursinhalte abwechslungsreich zu gestalten sowie möglichst viele unterschiedliche Lerntypen zu bedienen, werden kursrelevante Informationen und auch zusätzliche Inhalte unterschiedlich medial dargeboten. Auf diese Weise wird versucht einem Motivationsabfall entgegen zu wirken. Bedingt durch den PC als Arbeitsplatz können während der Kursbearbeitung eigentlich nur die audiovisuellen Sinneskanäle des Menschen angesprochen werden. Diesem Problem kann mit entsprechenden Arbeitsaufgaben begegnet werden, wenn deren Bearbeitung nicht ausschließlich im virtuellen Kursraum erfolgt. So sollen die Lerner zusätzlich dazu ermutigt werden ihr Wissen in der Praxis zu überprüfen.

2.2 Medien und Arbeitsaufgaben

Das Überfliegen der Inhalte, z.B. des Skriptes, kann dem Lerner das irrtümliche Gefühl vermitteln, er hätte den Kurs tatsächlich bearbeitet [KWS02]. Deswegen sieht dieses Konzept Lernaufgaben vor, welche den Lerner aktivieren und ihm neues Wissen erfahrbar machen sollen. Über derartige Lernaufgaben erhält der Lerner Anleitungen zu Aktivitäten, welche deutlich über die üblichen Drill & Practice Übungen hinausgehen.

Angelehnt an die Bloomschen Lernzieltaxonomie [BI72] kommen unterschiedliche Aufgaben zum Einsatz: a) Kennen von Sachverhalten (Skript lesen), b) verstehen (Drill & Practice Übungen), c) anwenden (Projektarbeit: teilweise Bearbeitung außerhalb der virtuellen Lernumgebung), d) Analyse (Diskussion im Forum), e) Synthese (zusammenfassen der Ergebnisse in einem Wiki) und f) beurteilen (Peerreview).

³ Vgl. z.B. John R. Andersons Lerntheorie des ACT-R [AJS02]

Die übergeordnete Lernaufgabe ist eine, von den Lernern gemeinsam zu bearbeitende, Projektarbeit im Kurs. Diese soll über ein Peerreview bewertet werden. Zu Beginn des Kurses werden Anleitungen zu einfacheren Aktivitäten gegeben, welche die Lerner schrittweise an die im Anschluss selbstständig durchzuführende Projektarbeit heranführen. Der Startphase können somit vor allem die Aufgaben mit den Lernzieltaxonomien a) kennen und b) verstehen zugeordnet werden. Bereits in der Orientierungsphase kann der Lerner im Rahmen kleinerer Aufgaben damit beginnen, sein erlerntes Wissen in der Praxis anzuwenden und zu überprüfen.

Ergänzend zu den erwähnten Aufgaben und dem Skript sollen nach diesem Konzept verstärkt Videos eingesetzt werden, welche entweder direkt Bestandteil der Aufgaben im Kurs sind oder aber als reine Zusatzinformation dienen. Soweit es die Inhalte zulassen, soll die Spielzeit der Videos einem Rahmen von max. 6-9 Minuten⁴ nicht überschreiten.

2.3 Kursbetreuung

Im Gegensatz zu traditionellen Lehr-Lern-Arrangements erfolgt in dieser Form des E-Learnings die Kursbetreuung in der Startphase vor allem in tutorieller Form und in der Projektbearbeitungsphase als Coaching. Eine selbstständige Lernertätigkeit steht somit im Fokus. Die betreuende Person begleitet den Lernprozess und führt die Lerner kontinuierlich an ein immer selbstständigeres Arbeiten heran. Nach der begleitenden Projektarbeit sollen die Lerner im Kurs, z.B. über ein Wiki, gemeinsam eine Sammlung an kurs- bzw. prüfungsrelevanten Inhalten für ihre Prüfungsvorbereitung erstellen. Ihr neu erlerntes Wissen und ihre Beobachtungen aus der Praxis sollen sie dann mit diesem Wiki-Dokument verknüpfen sowie im Forum offen diskutieren.

2.4 Leistungsnachweis

Das Konzept berücksichtigt einen Leistungsnachweis in Form einer summativen Prüfung. Wie dieser erbracht wird, hängt u.a. ab von: a) der Teilnehmerzahl, b) den gewählten Kursinhalten sowie c) von den zur Verfügung stehenden Betreuungsmitteln bzw. dem verfügbaren Personal. Eine Online-Prüfung kommt dabei ebenso in Frage wie eine schriftliche Prüfung vor Ort. Bei der zuerst genannten sind verschiedenen Maßnahmen vorstellbar, um die Prüfungssicherheit zu gewährleisten. Learning-Management-Systeme wie moodle sind dabei oft ohnehin mit der Personaldatenbank verknüpft und passwortgeschützt. Um zu verhindern, dass dennoch unberechtigte Personen an der Prüfung teilnehmen, könnte diese in einem beaufsichtigten Computerraum durchgeführt werden. Eine Ausweiskontrolle wäre zusätzlich denkbar. Um den Anreiz zum Abschreiben deutlich zu verringern bieten sich beispielsweise zufällig vom System berechnete Aufgaben an.

⁴ Vgl. hierzu [LP14]

3 Umsetzung und Realisierung

Nach diesem Konzept wird momentan der Kurs „Physikalische Aspekte der Landnutzung und des Klimawandels – aus der Perspektive der Agrar-, Forst- und Gartenbauwissenschaften“ für die vhb erstellt. Dieser Kurs steht ab März 2016 somit auch Personen offen, welche nicht Angehörige der TUM oder HSWT sind. Vor allem bei der Projektbearbeitung und in den Diskussionen kann Wissen aus der Praxis direkt und kontinuierlich mit der universitären Ausbildung verknüpft werden. Die Projektaufgabe wird von den Lernern fordern, ihr Wissen in der Praxis zu überprüfen, zu dokumentieren und mit den anderen Kursteilnehmern zu diskutieren. Die Prüfung soll derzeit durch einen schriftlichen Leistungsnachweis erbracht werden. Für TUM- bzw. HSWT-fremde Teilnehmer wird es die Möglichkeit geben ein Zertifikat zu erwerben, Studieninteressierte erhalten ggf. die Möglichkeit sich diese Leistung für ein späteres Studium anrechnen zu lassen.

4 Ausblick

E-Learning kann und soll die traditionelle Lehre nicht ersetzen. Vielmehr findet sich der Lehrende in einer neuen Rolle wieder. Das Konzept ist so gestaltet, dass es sich für fast alle Themenbereiche eignet, dabei kommen besonders die MINT-Fächer mit einem hohen Grad an Arbeitsaufgaben, welche am PC zu bearbeiten sind, in Frage.

Für eine wissenschaftliche Untersuchung einer solchen E-Learning-Maßnahme würde es sich anbieten, den Lernerfolg mit einem Pre- sowie Posttest zu untersuchen. Auch ein evaluationsgestützter Ansatz mit einer zusätzlichen Vergleichsgruppe, in einer traditionellen Lehrveranstaltung, ist denkbar.

Literaturverzeichnis

- [AJS02] Aragon, S. R., Johnson, S. D. und Shaik, N. (2002). The Influence of Learning Style Preferences on Student Success in Online Versus Face-to-Face Environments. *American Journal of Distance Education*, 16(4), 227-243. doi:10.1207/S15389286AJDE1604_3.
- [BI72] Bloom, B. S. (1972). *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich*. Beltz Studienbuch. Weinheim: Beltz.
- [KWS02] Kerres, M., Witt, C. de und Stratmann, J. (2002). E-Learning. Didaktische Konzepte für erfolgreiches Lernen. In: K. von Schwuchow und J. Guttman (Hrsg.): *Jahrbuch Personalentwicklung & Weiterbildung 2003*. Köln: Luchterhand Verlag, 1-14.
- [LP14] Light, D. und Pierson, E. (2014). Increasing Student Engagement in Math: The use of Khan Academy in Chilean... *International Journal of Education and Development using ICT*, 103–119. Retrieved from <http://www.editlib.org/d/147457>.

Hände und Augen frei für die Arbeit - Bonituren und Felddatenerfassung im flexiblen Sprachdialog

Dirk Nordwig¹

Abstract: Mobile sprachgestützte Dokumentation kann Datenerfassungen (Bonituren) sicherer, bequemer und effizienter machen. Die Arbeitsweise stellt neue Anforderungen an die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle und erfordert Konzepte und Softwarelösungen, die eine Arbeit mit flexiblen Datenstrukturen ermöglichen.

Keywords: mobile Datenerfassung, Sprachtechnologie, Vocal User Interface, unstrukturierte Dateneingabe, intelligente Datenaufbereitung

1 Ausgangssituation und Arbeitsbedingungen für die mobile Datenerfassung an biologischen Objekten

Mobiles Arbeiten mit mobilen Geräten (Laptop, Tablet, Smartphone) gehört für immer mehr Menschen zum Alltag. Sprache kann einen wichtigen Beitrag leisten, um mobile Datenerfassungen (Bonituren) oder mobile Dokumentation sicherer, bequemer und effizienter zu machen.

So gestattet es die Interaktion per Sprachdialog dem Benutzer, sich mit seinen Händen und Augen auf sein Arbeits- oder Beobachtungsobjekt zu konzentrieren. Der ständige zeitraubende und anstrengende Focuswechsel (Wechsel von Beobachtung oder Untersuchung des Arbeitsobjektes zur Bedienung und Dateneingabe auf einem mobilen Erfassungsgerät) entfällt und der Benutzer kann sich vollständig auf seine jeweilige Arbeitsaufgabe konzentrieren.

Diese Arbeitsweise ermöglicht eine deutlich bessere Datenqualität und kann darüber hinaus zu beachtlichen Zeiteinsparungen (Erfahrungswerte bis zu 40 Prozent) bei der mobilen Arbeit führen.

Allerdings setzt mobiles Arbeiten und Dokumentieren im Sprachdialog auch eine Reihe von neuen Anforderungen, insbesondere an die Gestaltung des Sprachdialoges als Mensch-Maschine-Schnittstelle. So können die Bedienprinzipien, die aus der Arbeit mit den konventionellen grafischen Benutzeroberflächen (GUI: grafische Benutzeroberfläche mit Menüauswahlen, Maus und Tastatur) bekannt und bewährt sind, nur sehr bedingt auf eine Bedienung und Dateneingabe in einem Mensch-Maschine-Sprachdialog übernommen werden.

¹ dawin GmbH, Belgische Allee 50, 53842 Troisdorf, nordwig@dawin.de

Die Bedingungen im biologisch-landwirtschaftlichen Umfeld sind durch eine Reihe von unscharfen und wenig vorhersehbaren oder wenig beeinflussbaren Faktoren gekennzeichnet. Diese flexiblen Bedingungen stellen die Arbeit mit starr vorgegebenen Datenstrukturen oder fest definierten Arbeitsabläufen, wie sie z.B. in der Industrie bei der diskreten Produktion gegeben sind, in Frage.

2 Flexible Erfassungsbedingungen und strukturierter Datenbedarf

Mobile Dokumentation im Sprachdialog im biologisch-landwirtschaftlichen Umfeld unterscheidet sich aus IT-technischer Sicht von der gewohnten Arbeit mit Software unter Office-Bedingungen: Die Gestaltung der Interaktion mit der Software – d.h. die Steuerung des Programms oder die Eingabe von Daten – unterscheidet sich beim Sprachdialog (VUI Vocal User Interface) grundsätzlich von den bekannten Interaktionsprinzipien in konventionellen Softwarelösungen (GUI – Graphic user Interface).

Die Gestaltung des Erfassungsdialoges ist von der an der jeweilige Struktur der zu dokumentierenden Daten abhängig: Gegenüber konventionellen Datenerfassungen oder Dokumentationsaufgaben (z.B. in der Industrie) sind die Beobachtungsobjekte biologischer Natur – Auftreten bestimmter Parameter sind mitunter schwer vorherbestimmbar. Somit ist eine Arbeit mit fest vordefinierten Datenstrukturen selten möglich. So kann z.B. bei Herbizidbonituren im Freiland das qualitative Auftreten bestimmter Unkrautarten nicht sicher vorbestimmt werden. Es besteht die Anforderung, die Struktur der Dokumentation dem aktuellen Zustand anzupassen. Allerdings kann dieser Schritt - die finale Definition der Datenstruktur - erst vor Ort und zum aktuellen Zeitpunkt der Bonitur unter mobilen Bedingungen erfolgen. Dennoch ist für die spätere Datenübergabe an verarbeitende Backendsysteme (Versuchsdatenbanken, biostatistische Softwaresysteme) natürlich eine wohldefinierte Struktur der Daten notwendig

Die Gestaltung des Erfassungsdialoges ist weiterhin von der Art und Weise des Boniturprozesses, also vom konkreten Arbeitsablauf der Reihenfolge der Boniturschritte abhängig. Dieser Workflow (Boniturdurchlauf) ist auf Grund der aktuellen biologischen Bedingungen sehr variabel. So ist z.B. je nach der Intensität oder auch Vielfalt des Auftretens verschiedener Unkräuter ein einmaliger oder mehrmaliger Boniturdurchlauf durch die Parzellen eines Versuchsfeldes notwendig. Abhängig von den aktuellen Bedingungen werden pro Parzelle eine oder auch mehrere Unkrautarten gleichzeitig beurteilt und die Werte entsprechend erfasst.

Diese flexible Bedingungen (flexible Datenstrukturen, flexible Erfassungsabläufe) stehen in scheinbarem Gegensatz zu strukturiertem Datenbedarf und vordefinierten Bearbeitungsabläufen der IT-Systeme und müssen bei der Gestaltung der Dialogführung berücksichtigt werden.

3 Bedarfs- und situationsgerechte Bonitur – Dialoganpassung

In einer aktuell im Praxistest befindlichen Software der dawin GmbH (spexcel - speak & excel) wurden die in Abschnitt 2 genannten Anforderungen an flexible Datenstrukturen und entsprechend flexiblen Dialoggestaltungen bei der sprachgestützten Bonitur umgesetzt.

Unmittelbar vor Beginn der Bonitur kann der Benutzer die finale Datenstruktur der zu ermittelnden Versuchdaten entsprechend den aktuellen Bedingungen auf dem Versuchsfeld im Freiland definieren:

In dem gezeigten Beispiel wird ein Erfassungsdialog für vier Unkrautarten (jeweils in den Excel-Spalten b bis e der ausgewählten Excelmappe) vorbereitet. Die Wertebereiche für die Bonitureingaben sind als numerische Werte zwischen 0 und 100 Prozent vordefiniert, zusätzlich ist die Eingabe eines „Leerwertes“ möglich. Entsprechend der gewählten Datenstruktur werden die entsprechenden Teildialoge und Abfragen der Software automatisch angepasst. So wird eine situationsgerechte Abfrage der einzelnen Werte im Sprachdialog ermöglicht.

Neben der o.g. Datenstruktur ist auch der Bonituranlauf selbst flexibel, auch dieser flexible Ablauf lässt sich nach den aktuellen Bedürfnissen konfigurieren und sofort in einem entsprechenden Sprachdialog umsetzen. Mit einer Reihe von frei wählbaren Optionen lässt sich der Sprachdialog an den aktuell notwendigen Arbeitsablauf anpassen. So lassen sich z.B. die Art und Weise des Parzellendurchlaufes oder die Anzahl der jeweils in einem Boniturschritt zu erfassenden Unkräuter festlegen. Ebenso ist die Detailliertheit des Sprachdialoges (kurze oder ausführliche Abfragen oder Hinweise, Kontrollwiederholungen eingesprochener Werte, Wertepfahrungen auf Plausibilität und Vollständigkeit) entsprechend den Bedürfnissen des jeweiligen Anwenders und der aktuellen Situation auf dem Versuchsfeld konfigurierbar.

4 Praxiserfahrungen – Beispieldialog einer Felddatenerfassung

Der im Vortrag vorgestellte Film zeigt ein aktuelles Beispiel eines Sprachdialogs bei der mobilen Felddatenerfassung von Unkrautbonituren in einem Freilandversuch. Der Beispielfilm gibt den Entwicklungsstand wieder, der aktuell bei Bonituren zur bei der BASF Limburgerhof (Entwicklung von Pflanzenschutzmitteln) in die praktische Nutzung eingeführt wird.

Im ersten Teil des Filmes wird eine Bonitur und sprachgestützte Werteerfassung in einem geführten Dialog gezeigt:

Die Reihenfolge der Erfassung erfolgt sukzessive von Versuchparzelle zu Versuchparzelle. In der jeweilig aktuellen Parzelle werden alle notwendigen Parameter (hier die Bonitur von vier verschiedenen Unkrautarten) in einer definierten Reihenfolge im

Sprachdialog abgefragt. Nach Abfrage eines konkreten Wertes für eine Unkrautart kann das von der Software erkannte Ergebnis zu Kontrollzwecken vom System wiederholt werden (Kontrollfunktion durch Eingabeecho). Nach Eingabe und Plausibilitätskontrolle steuert die Software automatisch die Eingabezeile für die nächste Unkrautart an und fragt diesen Wert mit einem entsprechend individuellen Kommando ab. Selbstverständlich kann der Benutzer jederzeit in die automatische Dialogführung eingreifen: Er kann eingegebene Werte korrigieren oder sich die aktuelle Position der Dateneingabe (z.B. Parzellenummer, aktuelle Unkrautart) mit einem Sprachkommando abfragen.

Im zweiten Teil des Films wird ein Beispiel gegeben, in dem der Versuchingenieur aus aktuellem Anlass die vordefinierte Reihenfolge der Erfassungsschritte verlassen kann und seine Boniturreihenfolge durch die entsprechenden Kommandos im Sprachdialog selbst steuert. So kann die Reihenfolge der Abfrage einzelner Parameter leicht geändert werden: Durch die Ansage der aktuellen Werte mit gleichzeitiger Angabe des zugehörigen Unkrautnamens (z.B. „Plantago Major 15“) wechselt die Software unabhängig von einer vorgegebenen Reihenfolge in die richtige Eingabezeile und trägt dort den ermittelten Wert ein.

In diesem freien Eingabemodus steuert der Benutzer die Reihenfolge der Werteeingabe nach seinen Bedürfnissen und kann sich von der Software bei Plausibilitäts- und Vollständigkeitsprüfungen im Hintergrund unterstützen lassen.

5 Ausblick auf weitere Entwicklungen und Technologien

Die aktuellen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum Thema der mobilen sprachgestützten Dokumentation konzentrieren sich auf die folgenden Schwerpunkte:

- Die weitere Verbesserung des Interaktionskonzeptes, um die Bedienung im Sprachdialog so einfach und so intuitiv wie möglich zu gestalten.
- Die Integration weiterer Metainformationen, wie z.B. Fotos (als Voraussetzung für Bilderkennungs- und Auswertungstechnologien), 2D-Codes und GPS-gestützte Standortinformationen
- Die Entwicklung syntaktischer und semantischer Analyseverfahren zur intelligenten Strukturierung und Auswertung von frei formulierten Kommentartexten (NLP – Natural Language Processing)
- Die Gewährleistung des Datenschutzes und des Schutzes personenbezogener Informationen bei der Anwendung von Clouddiensten zur Verarbeitung und Speicherung der Daten

Systematische Prozessmodellierung pflanzenbaulicher Tätigkeiten zur Unterstützung im Betriebsmanagement

Sebastian A. Pauli¹, Wolfgang Angermair² und Heinz Bernhardt³

Abstract: In konventionellen landwirtschaftlichen Anwendungen dokumentieren Anwender nachträglich ihre erledigten Arbeiten. Durch systematische Anwendung von Business Process Models auf landwirtschaftliche Tätigkeiten in Verbindung mit fachlicher Expertise in Geschäftsregeln soll der Anwender aktiv bei der Arbeit unterstützt werden. Exemplarisch wird dies am Beispiel des Prozesses „Düngen“ dargestellt. Dabei hilft das System innerbetriebliche Abläufe zu gliedern und zu optimieren ohne den Landwirt durch zeitraubende Eingaben während der tatsächlichen Arbeit zusätzlich zu fordern.

Keywords: Farm Process Management System, BPMN, Forecasting, Düngen

1 Einleitung und Zielsetzung

Konzeptioneller Ansatz gängiger Schlagkarteisysteme ist eine ex post Betrachtung durch die nachträgliche Dokumentation erledigter Tätigkeiten. Die Anwender werden dabei häufig durch die Einbindung von Mobile Implement Control Systems (MICS) zur sofortigen Erledigung der Dokumentationspflicht im Feld "unterstützt" bzw. angehalten. Zahlreiche Softwareprodukte bieten zusätzlich die Möglichkeit der Planung von zukünftigen Vorgängen. Mehrwert für den Anwender soll durch die inbegriffene Erledigung der Dokumentationspflicht generiert werden. Gerade kleine Betriebe sehen in diesen "passiven" Dokumentationslösungen keine hinreichende Unterstützung ihrer täglichen Arbeit. Beleg dafür ist ein hoher Anteil von Landwirten, gerade in den arbeitsmäßig stark belasteten Familienbetrieben, der auf Softwareunterstützung im betrieblichen Management verzichtet [NN15]. In größeren Betrieben kommt es häufig erst zum Softwareeinsatz, "wenn die Zettelwirtschaft an ihre Grenzen stößt" [TO15].

Basierend auf diesen Erkenntnissen wird die Entwicklung einer Softwarelösung angestrebt, die Betriebsleiter aktiv bei der Arbeit unterstützt. Grundlage für die Unterstützung im Management ist die genaue Kenntnis von pflanzenbaulichen Abläufen, deren Modellierung und Anreicherung und Lokalisierung durch Geschäftsregeln.

¹ PC-Agrar GmbH, Rennbahnstraße 7, D-84347 Pfarrkirchen, Sebastian.Pauli@PC-Agrar.de

² PC-Agrar GmbH, Rennbahnstraße 7, D-84347 Pfarrkirchen, Angermair@PC-Agrar.de

³ TUM, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, D-85354 Freising,
Heinz.Bernhardt@wzw.tum.de

2 Material und Methode

2.1 Cultural Practice

Zur Differenzierung landwirtschaftlicher Tätigkeiten wurde der Standard ISO 11783 herangezogen. ISO 11783-11 [IS11] ist die Spezifikation von Entitäten (DDIs) zur Dokumentation von verschiedensten Parametern. DDI 179 beschreibt 14 verschiedene Cultural Practices („Maßnahmenarten“) wie Bodenbearbeitung, Düngung oder Pflanzenschutz. Jede dieser Vorgänge/Prozesse hat in der Praxis seine Besonderheiten und muss entsprechend in der Software berücksichtigt werden. Im Folgenden wird erläutert, wie Cultural Practices formal beschrieben wurden.

2.2 Business Process Model

„Ein Prozess bildet den Fluss und die Transformation von Materialien, Informationen, Operationen und Entscheidungen ab“ [OP98]. Vor der Umsetzung in Softwareprodukten ist es unerlässlich landwirtschaftliche Vorgänge/Prozesse exakt zu kennen und in "Best Practice" Modellen zu beschreiben. Hierfür wird die deskriptive Spezifikationsprache "Business Process Model and Notation (BPMN 2.0)" in Kombination mit einem Glossar zur Abbildung landwirtschaftlicher Tätigkeiten angewandt. „Business Process Management (BPM) ist ein systematischer Ansatz, um sowohl automatisierte als auch nicht-automatisierte Prozesse zu erfassen, zu gestalten, auszuführen, zu dokumentieren, zu messen, zu überwachen und zu steuern und damit nachhaltig die mit der Unternehmensstrategie abgestimmten Ziele zu erreichen. BPM umfasst die bewusste und zunehmend IT-unterstützte Bestimmung, Verbesserung, Innovation und Erhaltung von End-to-end-Prozessen“ [FR14]. Zur exakten Abgrenzung zwischen Begriffen und Erläuterung von Fachtermini werden Definitionen in einem Glossar erzeugt und mit den BPMN Diagrammen verknüpft. Sogenannte Geschäftsregeln, bei Bedarf nach Landesrecht und anderen Abhängigkeiten spezifiziert, dienen der Hinterlegung von prozess- und anwendungsspezifischen Abhängigkeiten, z.B. für kulturartspezifische Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen. Für jede Cultural Practice und weitere unterstützte Vorgänge werden ein Prozessdiagramm auf Basis von BPMN 2.0, Glossareinträge und Geschäftsregeln erzeugt und miteinander verknüpft.

3 Resultate

Am Beispiel „Düngen“ soll die systematische Herangehensweise sowie der Nutzen für den Anwender durch das Ineinandergreifen von Planung, Prognose und Dokumentation dargestellt werden. Die Novellierung der Düngeverordnung sieht vor, dass bis auf wenige Ausnahmen vor der Applikation von Nährstoffen in einer Düngeplanung der Nährstoffbedarf der Kultur ermittelt werden muss.

3.1 Prozessdesign „Düngen“

Der Prozess „Düngen“ beinhaltet mehrere Subprozesse, die eng verzahnt ineinandergreifen:

- „Anbau planen“ ist die Verknüpfung einer Kulturart mit einer Bewirtschaftungseinheit in einem bestimmten Zeitraum. Die Kulturart, sowie die Menge und Art des Ernteproduktes bestimmt im Wesentlichen die Ausbringung von Nährstoffmengen.
- „Bodenuntersuchung eingeben“ beinhaltet den Transfer von (teilflächenspezifischen) Bodenuntersuchungsergebnissen oder von Landesbehörden zur Verfügung gestellte Nmin-Gehalte in die Anwendung.
- „Düngebedarf ermitteln“ umfasst die Berechnung der Nährstoffmenge eines Ernteproduktes, die den Nährstoffbedarf nach Abzug sonstiger verfügbarer Nährstoffmengen und unter Berücksichtigung der teilflächenspezifischen Nährstoffversorgung des Bodens abdeckt.
- „Düngebedarf decken“ ist ein teilflächenspezifischer Optimierungsansatz zur Deckung des Düngebedarfs (siehe Abb. 1).
- „Düngung planen“ liefert als Ergebnis eine ernteprodukt- und teilflächenspezifische Planung von Düngemaßnahmen inkl. Applikationskarte.

In der Anwendung müssen die Prozesse vom User durchlaufen und ggf. um fehlende Informationen angereichert werden. In Abb. 1 ist der Prozess „Düngebedarf decken“ exemplarisch dargestellt. Der User („Besitzer“) wird dabei von der Anwendung („System“) durch den Prozess begleitet. Wenn alle Informationen aus den vorherigen Prozessen korrekt erfasst und die Geschäftsregeln korrekt formuliert sind, so muss der Anwender lediglich ein Ergebnis bestätigen.

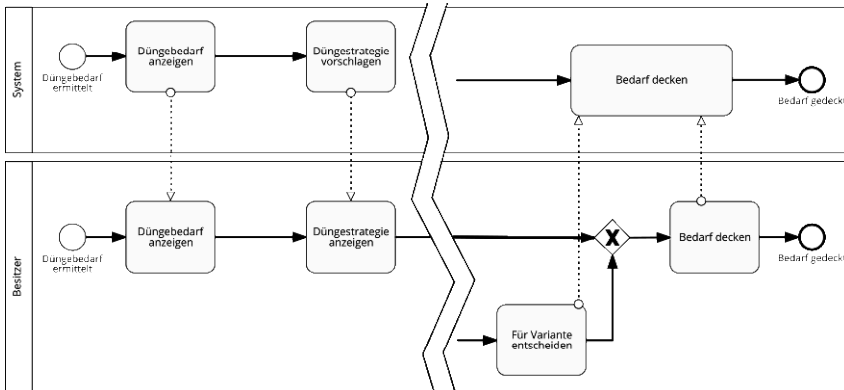


Abb. 1: Ausschnitt aus BPMN Diagramm für „Düngebedarf decken“

3.2 Prozessunterstützte Resultate

Ergebnisse von „Düngebedarf decken“ sind einerseits von der Anwendung generierte konkrete Vorschläge von Düngemitteln und Mengen zur Deckung des Düngebedarfs und andererseits die Basis für die automatisierte Planung der Düngemaßnahmen auf Grund einer hinterlegten ernteproduktspezifischen „Düngestrategie“ zu bestimmten BBCH Stadien. Das bedeutet, dass dem Anwender konkrete Push-Nachrichten zu Düngemaßnahmen inkl. Düngern, Maschinen und Zeitpunkt auf ein MICS gesendet werden, die im Idealfall nur bestätigt werden müssen. Der konkrete Vorteil für den Anwender ist neben der gezielten Benachrichtigung von anstehenden Arbeiten eine wesentliche Erleichterung in der Durchführung von Arbeiten durch gezielte Unterstützung beginnend beim Rüsten und Beladen der Maschine bis hin zur Dokumentation, da Maßnahmen nicht mehr einzeln am Feld erfasst werden müssen. Auf Grund kontinuierlicher Verbesserung der Geschäftsregeln und Kalkulationsalgorithmen wird der Aufwand für manuelle Eingaben durch den Anwender nach dem ersten Erfassungsjahr deutlich sinken. Durch Vernetzung mit Pflanzenbauberatern kann dieser Prozess auch als Dienstleistung in Auftrag gegeben werden. Der Anwender erhält als Ergebnis die fertige Düngeplanung, den Maßnahmenplan sowie Applikationskarten für die teilflächenspezifische Düngung.

4 Fazit

Ein auf systematischer Prozessmodellierung aufbauendes Expertensystem setzt nicht den Anwender als Softwareexperten voraus, sondern unterstützt vielmehr den Pflanzenbauer durch fachliches Know How auf Grundlage von Best Practice Handlungsvorschlägen. Das System hilft innerbetriebliche Abläufe durch Handlungsvorschläge zu verbessern oder zu optimieren ohne den Landwirt durch zeitraubende Eingaben während der tatsächlichen Arbeit zusätzlich zu fordern.

Literaturverzeichnis

- [FR14] Freund, J.; Rücker, B.: Praxishandbuch BMPN 2.0, 4. Auflage, München, 2014.
- [NN15] eigene Erhebung durch Marktanalyse.
- [OF98] Osterloh, M.; Frost, J.: Prozessmanagement als Kernkompetenz – Wie Sie Business Reengineering strategisch nutzen können, 2. Auflage, Wiesbaden 1998.
- [TO15] Topagrar, Fünf Ackerschlagkarteien im Test, <http://www.topagrar.com/news/Home-top-News-Fuenf-Ackerschlagkarteien-im-Test-1370931.html>, 16.11.2015.
- [IS11] ISO 11793-11 Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network. Part 10: Mobile data element dictionary (2011).

Einfluss von betrieblichen und soziodemografischen Faktoren auf die Nutzung von IT-basierten Planungshilfen durch landwirtschaftliche Unternehmer

Margit Paustian¹ und Ludwig Theuvsen²

Abstract: Die Bedeutung von IT-basierten Planungshilfen hat in den letzten Jahren zugenommen. Bedingt durch den Strukturwandel wachsen die Betriebsstrukturen und auf großen Betrieben wird vermehrt in moderne Technologien investiert. In dieser empirischen Studie wurde der Einfluss von betrieblichen und sozio-demografischen Faktoren auf die Adoption bzw. die Nutzung von IT-basierten Planungshilfen durch landwirtschaftliche Unternehmer untersucht. Die Untersuchung bezieht sich auf eine Befragung von 227 Ackerbauern. Mittels logistischer Regressionen wurde abgeprüft welche Faktoren einen signifikanten Einfluss darauf haben, ob Teilflächenmanagement oder IT-gestützte Düngeplanung im Ackerbaubetrieb eingesetzt wird. Als positive Einflussgrößen konnten folgende Faktoren identifiziert werden: mittleres Alter (45-54 Jahre), keine Familien-AK, Anbau von Raps, Lohnunternehmen als weiterer Betriebszweig, Nutzung von Steuerberatung und 33betriebswirtschaftlicher Beratung.

Keywords: IT-basierte Planungshilfen, betriebliche Einflussfaktoren, sozio-demografische Einflussfaktoren, binär logistische Regression

1 Einleitung

In der modernen Landwirtschaft wird eine Vielzahl an IT-basierten Planungshilfen eingesetzt. Der Übergang vom Industrie- ins Informationszeitalter ist längst vollzogen und im Bereich von Precision Farming, Planungssoftware und Datenmanagement kommen fortlaufend neue Entwicklungen hinzu [Au01]. Dazu trägt auch der Strukturwandel bei, durch den sich größere Betriebsstrukturen herausbilden. Leistungsfähige Strukturen begünstigen den Einzug des technologischen Fortschritts in landwirtschaftliche Betriebe [RJ09]. Moderne Ställe und Maschinen beinhalten zeitgemäße IT-Lösungen, die zum Anfall großer Datenmengen führen und die Betriebsleiter und Mitarbeiter landwirtschaftlicher Unternehmen dabei unterstützen, die anfallenden Daten nutzbar zu machen. IT-basierte Planungshilfen für die Landwirtschaft, etwa in Form von Ackerschlagkarteien, Software für Teilflächenmanagement oder Düngeplanung, sind ein Ergebnis dieser Entwicklung. Die Intensität der Nutzung für bspw. Precision Farming in den Betrieben ist mit ca. 10 % jedoch noch relativ gering [RJ09]. Ziel dieser Studie ist es vor dem beschriebenen Hintergrund herauszufinden, inwiefern die Nutzung IT-basierter Planungs-

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

² Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, BWL des Agribusiness, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, theuvsen@uni-goettingen.de

hilfen auf Ackerbaubetrieben durch betriebliche und sozio-demografische Einflussfaktoren beeinflusst wird. Im Unterschied zu vorangegangenen Studien, die sich allgemein auf Precision Farming beziehen, liegt der Fokus in dieser Studie auf Teilflächenmanagement und Düngeplanung.

2 Betriebliche und sozio-demografische Einflussfaktoren

In der Literatur wird beschrieben, dass betriebliche und sozio-demografische Faktoren, wie z. B. die Betriebsgröße, Alter, Schulbildung, landwirtschaftliche Ausbildung, Erfahrung des Betriebsleiters, Region, weitere Betriebszweige, Computernutzung, angebaute Feldfrüchte und Erwerbsform wichtige Einflussgrößen sind [Pi13]. Diese Faktoren wurden ergänzt durch weitere betriebliche Faktoren, die die Adoption von Teilflächenmanagement und Düngeplanung beeinflussen könnten, da sie direkten Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit eines Ackerbaubetriebes haben: Bewirtschaftungsform, geregelte Hofnachfolge, Zufriedenheit mit der beruflichen Situation, Einschätzung des eigenen Betriebserfolgs, Fläche Ackerland, Fläche Pachtland, Bodenpunkte und die Nutzung von Beratung im Bereich Steuern, Ökonomie und Pflanzenbau.

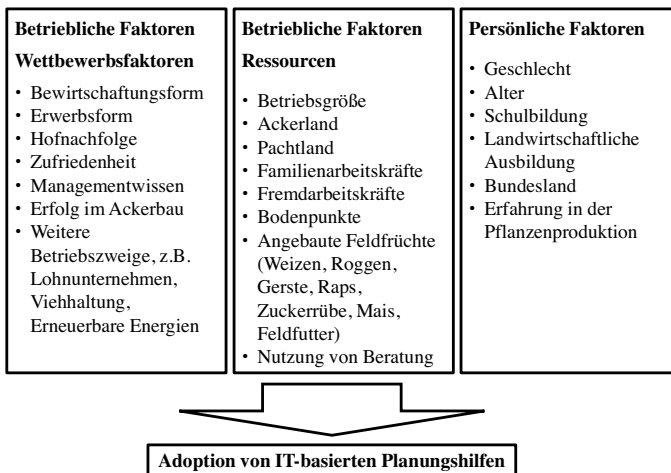


Abb.1: Betriebliche und sozio-demografische Einflussfaktoren auf die Adoption von IT-basierten Planungshilfen [Ro04; RJ09; Pi13]

3 Methodik und Stichprobenbeschreibung

Im August 2014 wurden deutschlandweit Ackerbauern per Online-Fragebogen u.a. zu ihrer Nutzung von IT-gestützten Planungshilfen befragt. Die Umfrage beinhaltete drei Teile: (a) betriebliche Informationen, (b) Strategien, Kennzahlen, Planungshilfen und

Beratungsangebote und (c) sozio-demografische Faktoren. Insgesamt konnten die Daten von 227 Ackerbauern (Betriebsleitern, Hofnachfolger und Angestellte mit Führungsaufgaben) in die Umfrage mit einbezogen und mit der Statistiksoftware IBM SPSS 23 analysiert werden [Pa15]. Die Analyse der betrieblichen und sozio-demografischen Einflussfaktoren wurde mittels einer logistischen Regression untersucht. Hierdurch wird die positive oder negative Stärke des Einflusses verschiedener Faktoren auf die Nutzung der IT-basierten Planungshilfen für Teilflächenmanagement und Düngeplanung sichtbar. In der deskriptiven Auswertung zeigte sich das 31,7 % der Betriebe, mit einer durchschnittlichen Betriebsgröße von 634,9 ha, Teilflächenmanagement nutzen und 88,1 % der Betriebe, mit einer durchschnittlichen Betriebsgröße von 582,5 ha, IT-gestützte Düngeplanung nutzen.

4 Nutzung von Teilflächenmanagement und Düngeplanung

Für die Nutzung von Teilflächenmanagement in Ackerbaubetrieben konnten acht signifikante Einflussfaktoren identifiziert werden. Einen positiven Einfluss auf die Nutzung haben das Alter des Landwirts zwischen 45 und 54 Jahren, keine Beschäftigung von Familienarbeitskräften im Betrieb, der Anbau von Raps und Lohnunternehmen als weiteren Betriebszweig neben Ackerbau im landwirtschaftlichen Unternehmen. Bodenpunkte zwischen 51 und 75, wenig Ackerland (1-99 ha), der Anbau von Gerste und Kartoffeln wirkte sich signifikant negativ auf die Nutzung von Teilflächenmanagement im Ackerbaubetrieb aus.

	B	S.E.	Wald χ^2	p	Exp (B)
45 bis 54 Jahre (Alter)	1,149	,539	4,546	0,033*	3,156
51 bis 75 Bodenpunkte	-1,384	,394	12,341	0,000***	0,251
1 bis 99 ha Ackerland	-1,248	,404	9,537	0,002**	0,287
Keine FamilienAK	1,729	,583	8,789	0,003**	5,637
Gerste	-1,420	,398	12,751	0,000***	0,242
Raps	1,165	,416	7,863	0,005**	3,207
Kartoffeln	-1,171	,544	4,628	0,031*	0,310
Lohnunternehmen	1,795	,528	11,546	0,001**	6,018
Konstante	-,186	,371	,251	0,617	0,831

Methode: Vorwärts (LR); abhängige Variable: Teilflächenmanagement; Null Modell (-2Log-Likelihood): 283,626; Logit-Modell (-2 Log-Likelihood): 205,737; Chi-squared: 77,888***; R^2 (Cox and Snell) = 0.290; R^2 (Nagelkerke) = 0.407; Hosmer-Lemeshow-Test: Chi-squared = 6,216, df=8, Sign. 0,623 (n.s); Klassifikationsgenauigkeit: 77,5 %; N=227; * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$, *** $p \leq .001$.

Tab. 1: Einflussfaktoren auf die Nutzung von Teilflächenmanagement

Bei der Nutzung von IT-gestützter Düngeplanung spielen andere Faktoren eine wichtige Rolle für die Nutzung dieses Planungsinstruments im landwirtschaftlichen Betrieb. Ein signifikant positiver Effekt konnte hier für die Inanspruchnahme von Steuer- und betriebswirtschaftlicher Beratung getestet werden. Negativ wirken sich ein Universitätsabschluss, Sachsen und Schleswig-Holstein als Standort des Betriebes, 2,1 bis 3 Familien-

AK und die Führung des Betriebes im Nebenerwerb aus.

	B	S.E.	Wald χ^2	p	Exp (B)
Universitätsabschluss (B.Sc./M.Sc.)	-2,061	0,665	9,606	0,002**	0,127
Sachsen	-3,826	1,527	6,274	0,012*	0,022
Schleswig-Holstein	-1,781	0,833	4,572	0,033*	0,168
2,1 bis 3 Familien-AK	-1,960	0,676	8,401	0,004**	0,141
Steuerberatung	1,596	0,620	6,620	0,010*	4,935
Betriebswirtschaftliche Beratung	1,462	0,538	7,375	0,007**	4,317
Nebenerwerb	-1,628	0,589	7,632	0,006**	0,196
Konstante	-22,534	28276,301	0,000	0,999	0,000

Methode: Vorwärts (LR); abhängige Variable: Düngeplanung; Null Modell (-2Log-Likelihood): 165,625; Logit-Modell (-2 Log-Likelihood): 113,740; Chi-squared: 51,885***; R^2 (Cox and Snell) = 0.204; R^2 (Nagelkerke) = 0.395; Hosmer-Lemeshow-Test: Chi-squared = 6,962, df=8, Sign. 0,541 (n.s); Klassifikationsgenauigkeit: 89,0 %; N=227; * p \leq .05, ** p \leq .01, *** p \leq .001.

Tab. 2: Einflussfaktoren auf die Nutzung von Düngeplanung

Die Ergebnisse liefern wertvolle Einsichten in die Faktoren, die einen Einfluss auf die Nutzung moderner IT-Lösungen in der Landwirtschaft haben. Bei der Entwicklung und Produktgestaltung neuer IT Angebote in diesem Bereich können die Ergebnisse dieser Studie ebenso dazu beitragen ein zielgruppenorientiertes Marketing zu unterstützen, wie auch bei der Konzipierung von Beratungsangeboten oder im Vertrieb. Die Ergebnisse der Regression bestätigen die Tendenz der deskriptiven Ergebnisse, dass vorrangig größere Ackerbaubetriebe IT-gestützte Planungsinstrumente einsetzen. Dies wird sichtbar durch die positiven Effekte des Vorhandenseins eines Lohnunternehmens im Betrieb, keine Familienarbeitskräfte im Betrieb, Anbau von Raps als Feldfrucht mit hohen Erzeugerpreisen und die Inanspruchnahme von Beratungsdienstleistungen.

Literaturverzeichnis

- [Au01] Auernhammer, H.: Precision farming – the environmental challenge. In: Computers and Electronics in Agriculture, 30, S. 31-43, 2001.
- [Pa15] Paustian, M., et al.: The Balanced Scorecard as a Management Tool for Arable Farming. In: International Journal on Food System Dynamics, 6(3), S. 147-158, 2015.
- [Pi13] Pierpaoli, E., et al.: Drivers of Precision Agriculture Technologies Adoption: A Literature Review. Procedia Technology, 8, S. 61-69, 2013.
- [RJ09] Reichardt, M.; Jürgens, C.: Adoption and future perspective of precision farming in Germany: results of several surveys among different agricultural target groups. In: Precision Agriculture, 10, S. 73-94, 2009.
- [Ro04] Roberts, R.K., et al.: Adoption of Site-Specific Information and Variable-Rate Technologies in Cotton Precision Farming. In: Journal of Agricultural and Applied Economics, 36(1), S. 143-158, 2004.

Untersuchung des Quadrocoptereinsatzes zur Modellierung des Erntegewichtes von Kopfsalat

Inse Rosenbusch, Adrian Gausling, Fabian Mandrella, Nikolas Neddermann,
Arno Ruckelshausen¹ und Thomas Rath²

Abstract: Der Einsatz von Drohnen wird beim Kopfsalatanbau anhand der Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes überprüft. Untersucht wurde, ob von Salatbedeckungsflächen, mittels Quadrocopterkamera erfasst, das Gewicht abgeleitet werden kann und bis zu welchem Gewicht dieses möglich ist. Hierfür wurden Freiland-Salatpflanzen wöchentlich fotografiert und manuell analysiert. Das erstellte Model lässt bedingt Rückschlüsse auf das Einzelpflanzengewicht zu. Bemerkenswert ist, dass durch einen homogeneren Pflanzenbestand zum Ende der Kultur, die prozentualen Abweichungen der modellierten Salatköpfe zur Realität immer geringer wurden. Somit scheint ein Coptereinsatz zur Erntezeitbestimmung bei Salat durchaus denkbar.

Keywords: Quadrocopter, Kopfsalat, Gewichte, Bedeckungsfläche, Vorhersagemodell.

1 Einführung und Zielsetzung

Im Gemüsebau wird der Erntezeitpunkt von Salat visuell und durch invasive Kontrolle bestimmt. Somit werden Salatköpfe zu früh geerntet und gelangen nicht in den Handel. Zudem wird die tatsächliche Entwicklung des Bestandes dabei nicht erfasst.

Um zukunftsorientiert die Produktion weiter zu automatisieren, ist eine nichtinvasive Kontrolle der Erntefähigkeit sinnvoll. Um dies zu erreichen, wurde überprüft, ob die mittels einer Quadrocopter-Kamera ermittelte Bedeckungsfläche Rückschlüsse auf das aktuelle Einzelpflanzengewicht zulässt und ob die Erntefähigkeit nach den geforderten Qualitäten bestimmt werden kann.

Bisherige Arbeiten mit Coptern zur Kulturüberwachung fokussierten im Wesentlichen den Einsatz in Dauerkulturen und zur Detektion physiologischer Parameter (siehe z.B. Guillen-Climent 2012). Arbeiten zur coptergestützten Erntefähigkeitskartierung von kopfbildenden Salatkulturen liegen bisher nicht vor.

¹ Hochschule Osnabrück, Labor für Mikro- und Optoelektronik, Albrechtstraße 30, 49076 Osnabrück,
A.Ruckelshausen@hs-osnabrueck.de

² Hochschule Osnabrück, BLab - Labor für Biosystemtechnik, Oldenburger Landstr. 24, 49090 Osnabrück,
T.Rath@hs-osnabrueck.de

2 Material und Methoden

Für den Feldversuch auf dem Gelände der Hochschule Osnabrück wurden am 07.04.2015 250 homogene Kopfsalatpflanzen gepflanzt (Abstand 50 x 50 cm) und mittels Gießwagen bewässert. Kulturbegleitend wurden am 17.04.2015 und vom 22.04.2015 bis zum 26.05.2015 wöchentlich die Parameter Einzelpflanzengewicht und Bedeckungsfläche von je einer zufällig ausgewählten Pflanze pro Parzelle (8 Parzellen) und Messtermin ermittelt. Insgesamt wurden an 7 Messterminen das Gewicht und die jeweilige Bedeckungsfläche erfasst. Das angestrebte Verkaufsgewicht von 400 g/Salatkopf war durchschnittlich zum 6. Messtermin am 19.05.2015 erreicht. Das Gewicht der Pflanzen wurde mittels Digitalwaage ermittelt. Die Bedeckungsfläche wurde mit einer definierten Referenzfläche (5 x 5 cm), Aufnahmen des Quadrocopters AR.Drone® 2.0 (Parrot, Paris, France) (Termine 1 - 5, Bildauflösung: 1.280 x 720 Pixel), einer Smartphone-Kamera (Termine 6 + 7, Bildauflösung: 3.264 x 2.448 Pixel) und eines Algorithmus im Bildverarbeitungsprogramm HALCON® 11.0.3 (MVTec, München, Germany) bestimmt. Um Verwacklungen zu vermeiden, wurde der Copter manuell stabilisiert. Mit folgendem Algorithmus (HALCON® 11.0.3, MVTec, München, Germany) wurde die Berechnung der Bedeckungsfläche durchgeführt:

```
read_image (Image)
gen_rectangle
reduce_domain (Image, ROI_0, ImageReduced)
access_channel (ImageReduced, Image1, 1)
threshold (Image1, Region, 200 , 255)
connection (Region, ConnectedRegions)
area_center (ConnectedRegions, Area, Row, Column)
select_shape (ConnectedRegions, SelectedRegions, 'area', 'and', 2000, 3500)
connection (SelectedRegions, ConnectedRegions1)
area_center (ConnectedRegions1, Areal, Row1, Column1)
tuple_max (Areal, Max)
decompose3 (ImageReduced, Image1, Image2, Image3)
trans_from_rgb (Image1, Image2, Image3, ImageResult1, ImageResult2, ImageResult3)
threshold (ImageResult3, Region1, 130, 255)
connection (Region1, ConnectedRegions2)
area_center (ConnectedRegions2, Area2, Row2, Column2)
select_shape (ConnectedRegions2, SelectedRegions1, 'area', 'and', 10000, 25000)
connection (SelectedRegions1, ConnectedRegions3)
area_center (ConnectedRegions3, Area3, Row3, Column3)
tuple_max (Area3, Max1)
Bedeckungsfläche: [(Max1*25)/Max]
```

Die Modellbildung wurde durch eine Kreuzvalidierung mit Hilfe zweier abschnittsweiser Regressionsmodelle realisiert. Dabei wurden für die Entwicklung des Modells 50% der Daten verwendet. Das Modell wurde mit Hilfe der restlichen Daten der Bedeckungsflächen überprüft, um das modellierte Gewicht mit dem tatsächlichen Gewicht vergleichen zu können (4/8 Testdaten, 4/8 Validierungsdaten).

3 Ergebnisse

Die Gesamtdaten (Abb. 1) sind mit einem Modell nicht ausreichend darstellbar, da die Kopfbildungsphase sich wachstumsparametrisch stark vom vorherigen Blattwachstum unterscheidet. Somit wurden Modelle von 0 - 300 g und über 300 g entwickelt.

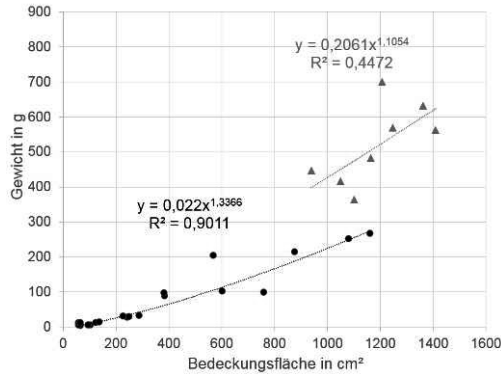


Abb. 1: Grafik zur Modellentwicklung: Korrelation zwischen Bedeckungsfläche in cm² und Gewichts von Kopfsalat in g vom 17.04.2015 - 26.05.2015; Modell 1: 0 - 300 g (Punkte, schwarz), Modell 2: > 300 g (Dreiecke, grau)

Bei der Validierung der Modellentwicklung (Abb. 2) wird deutlich, dass es nicht möglich war, für Kopfsalat ein 100% überzeugendes Wachstumsmodell zu generieren. Die Ursache ist in der starken Streuung des Salatwachstums zu finden. Die in Abbildung 2 angedeutete Regressionslinie des Fehlers zeigt aber, dass die Steigung und der Offset des Modells durchaus mit der Winkelhalbierenden in enger Verbindung steht, sodass eine ausreichende Modellierungsgüte für Praxisanwendungen gelungen zu sein scheint.

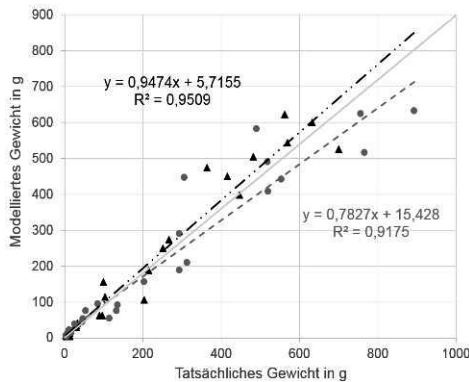


Abb.2: Modellprüfung: Schwarze Dreiecke (4/8 der Messwerte): Modellentwicklung; Graue Punkte (4/8 der Messwerte, zufällig ausgewählt): Kontrolle des Modells

Der Modellierungsfehler der Messzeitpunkte (Abb. 3) zeigt, dass bei Kulturrende der Bestand einheitlicher wird und die Modellierungsgüte so zunimmt. Im Zusammenhang mit der Verdichtung des Salatkopfes ist dies erstaunlich und würde ungenaue Modellierungsergebnisse erwarten lassen. Da die Bestandesvereinheitlichung jedoch der übergeordnete Faktor ist, wird die Modellgenauigkeit prozentual besser.

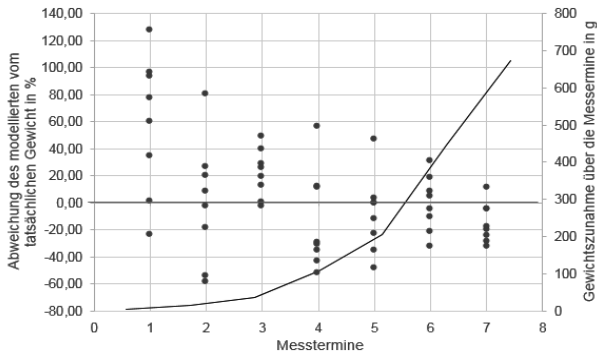


Abb.3: Abweichung des modellierten Kopfsalatgewichts in % vom tatsächlichen Gewicht (Punkte) und mittlere Gewichtsentwicklung (Linie) über die Messtermine (17.04.2015 - 26.05.2015)

4 Diskussion und Fazit

Die durch Quadrocopter-Kameras ermittelten Kopfsalatbedeckungsflächen lassen mit Hilfe des entwickelten Modells Rückschlüsse auf das Einzelpflanzengewicht am Erntetermin (Termin 6) bei einem absoluten Fehler von $\pm 30\%$ zu. Dieser Wert ist jedoch in der Praxis als kritisch anzusehen. Schwierig ist die Ermittlung des Kopfgewichts aufgrund der morphologischen Pflanzenentwicklung. Die Bedeckungsfläche verändert sich zum Ende lediglich marginal, während das Gewicht stark zunimmt, da der Salatkopf im Inneren dichter wird. Offensichtlich führen Bestandesvereinheitlichungen jedoch dazu, dass trotzdem die prozentualen Fehler der Gewichtsmodellierung zur Ernte abnehmen. Die Verallgemeinbarkeit ist zu untersuchen. Der eingesetzte Kleincopter war nur bedingt einsatzfähig, da leichte Luftbewegungen zu Ausgleichsbewegungen führten, die eine gezielte Aufnahme stark erschwerten. Der Einsatz größerer GPS-gesteuerter Copter würde längere Flugzeiten, stabilere Flüge bei verschiedenen Witterungsbedingungen im Freiland sowie eine stärkere Automatisierung ermöglichen. Höher auflösende Kamerasysteme könnten dabei weitere Vorteile bringen. Insgesamt hat der Versuch gezeigt, dass copter-gestützte Ernteprognosen mit Modellen im Gemüsebau prinzipiell möglich wären, wenn ein stabil fliegender Copter eingesetzt wird.

Literaturverzeichnis

- [GZ12] Guillen-Climent, M. L., Zarco-Tejada P. J., Berni, J. A. J., North, P. R. J., Villalobos, F. J., (2012), "Mapping radiation interception in row-structured orchards using 3D simulation and high-resolution airborne imagery acquired from a UAV", Precision Agric 13, 473-500.

Einfluss von Bodenart und Flächenheterogenität auf Boden pH, Pflanzenertrag und finanziellen Gewinn – Ergebnisse von Modellrechnungen für die teilflächendifferenzierte Kalkdüngung

Jörg Rühlmann¹

Abstract: Die teilflächendifferenzierte Kenntnis von Bodengruppe und pH-Wert in Kombination mit einer teilflächendifferenzierten CaO-Applikation entspricht einer konsequent standortangepassten Kalkung - sie führte bei annähernd gleichem CaO-Aufwand zu einem mittleren Mehrgewinn gegenüber der ganzflächig einheitlichen Bewirtschaftung von 34 €/ha/Jahr. Deutlich geringer (13 €/ha/Jahr) fällt dieser Mehrgewinn aus, wenn die Bodengruppe nicht teilflächendifferenziert, sondern im Schlagmittel in die Düngungsberechnung eingeht. Die ganzflächig einheitliche Bewirtschaftung führte z.T. zur extremen Überversorgung der sandigen und einer leichten, jedoch auch ertragswirksamen Unterversorgung der lehmig/tonigen Teilflächen.

Keywords: Bodenheterogenität, Ertrag, Gewinn, Kalkung, Modellrechnung, pH-Wert, Precision Farming

1 Einleitung

Der Einstieg in Precision Farming erfolgt in vielen Betrieben über die teilflächendifferenzierte Kalkung und Grunddüngung. Häufig mangelt es in der Praxis jedoch an räumlich hochaufgelösten Informationen (z.B. an digitalen Bodenkarten), die eine wesentliche Entscheidungsgrundlage für kleinräumig standortangepasste Bewirtschaftungsmaßnahmen darstellen. Die Unterschiede in der Verfügbarkeit von teilflächendifferenzierten Bodeninformationen reichen von nicht vorhanden (ganzflächig einheitliche Kalkung) über teilflächendifferenzierte pH-Beprobung bis hin zu teilflächendifferenzierten Informationen bezüglich pH-Klasse und Bodenart. Diese drei Situationen dienten als Ausgangspunkt für Modellrechnungen, mittels derer Einflüsse von Unterschieden in der Flächenheterogenität (variierte Flächenanteile von drei verschiedenen Bodengruppen an der Gesamtfläche) und den pH-Klassen zu Simulationsbeginn über einen Zeitraum von 20 Rotationen geprüft wurden.

¹ Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Abt. Pflanzenernährung, Theodor-Echtermeyer-Weg 1, 14979 Großbeeren, ruehlmann@igzev.de

2 Methode

2.1 Entscheidungsregeln für die Kalkdüngung

Folgende Grundlagen für die nachfolgend beschriebenen Modellrechnungen zur Kalkdüngung von Ackerböden wurden einem Tabellenwerk entnommen [vW08], das der fachlichen Umsetzung der Düngeverordnung dient:

- Definition von pH-Wert-Klassen zur Bewertung von pH- Bodenuntersuchungsergebnissen in Abhängigkeit von Bodengruppe und Humusgehalt
- Kalkdüngungsbedarf in Abhängigkeit von Bodengruppe, Humusgehalt und pH-Bodenuntersuchungsergebnis
- Zu applizierende CaO-Höchstmenge in Abhängigkeit von der Bodengruppe.

2.2 Düngungsstrategien

Entsprechend der in der Praxis vorzufindenden Unterschiede im räumlichen Bezug für die Bemessungsgrundlagen der Kalkdüngung wurden folgende Precision Farming Intensitätsstufen (PFI) definiert:

	PFI0	PFI1	PFI2
Bodengruppe und Humusgehalt	Schlagmittel	Schlagmittel	Teilfläche
pH-Bodenuntersuchung	Schlagmittel	Teilfläche	Teilfläche
CaO Applikation	Ganzflächig einheitlich	Teilflächen-differenziert	Teilflächen-differenziert

Tab. 1: Räumlicher Bezug für die Bemessungsgrundlagen der Kalkdüngung und für die CaO Applikation, unterteilt nach Precision Farming Intensitätsstufen (PFI).

2.3 Modell und Input Daten

Die Kalkulationen wurden mittels eines Excel-basierten Modells umgesetzt, das den Kalkbedarf eines Ackerschlag zum Erreichen der pH-Klasse C (anzustreben, optimal) berechnet. Es wurde angenommen, dass der Ackerschlag in Teilflächen unterteilt ist. Alle Teilflächen lassen sich in drei unterschiedliche Teilflächengruppen (TFG) einordnen. Die TFG1 wurde durch Böden der Bodengruppe 2 (BG2), die TFG2 durch Böden der BG3 und die TFG3 durch Böden der BG4 gebildet – jeweils mit $\leq 4\%$ Humusgehalt. Um Schläge mit unterschiedlicher Bodenheterogenität zu simulieren, wurden die Flächenanteile der drei TFG jeweils wie folgt variiert: 80:10:10, 60:20:20 und 40:30:30 – insgesamt also 27 Kombinationen.

Für die Simulation wurden drei unterschiedliche pH-Klassen als Startstatus gesetzt: A = sehr niedrig, B = niedrig, C = anzustreben, optimal. Da jede TFG mit jeder pH-Klasse kombiniert wurde, ergaben sich weitere 27 Kombinationen.

Um die unterschiedliche pH-Wirkung auf den Pflanzenertrag zu berücksichtigen, wurden die Modellrechnungen mit zwei Pflanzenartengruppen durchgeführt – mit niedrigem und mit hohem Kalkbedarf. Die beiden Gruppen unterscheiden sich durch die Höhe der Ertragseinbußen bei nicht optimaler Kalkversorgung [Ke93], [KM07].

Weiterhin wurde der Zeitfaktor berücksichtigt. Jede Kalkapplikation bezog sich auf den Zeitraum einer pflanzenbaulichen Rotation von 4 Jahren. Die für das Rotationsende kalkulierten pH-Werte wurden als Startwerte für die folgende übernommen – für insgesamt 20 Rotationen. Somit ergab sich eine Gesamtanzahl an berechneten Kombinationen von 29160 ($27 \cdot 27 \cdot 2 \cdot 20$).

Für die ökonomische Betrachtung galten folgende Rahmenbedingungen: Die Zielderträge für BG2, BG3 und BG4 wurden auf 55, 70 bzw. 85 dt/ha gesetzt. Ein Dezitonne (Getreide-) Ertrag wurde mit 15 € Verkaufserlös und der Kalkdünger mit Kosten von 5 €/dt CaO bemessen. Der ausgewiesene Gewinn berechnet sich aus Erlös minus Kosten.

3 Ergebnisse und Fazit

Die Bodengruppen 2, 3 und 4 unterscheiden sich in ihrem optimalen pH-Wert (Abb. 1) und in dem damit verbundenen Aufwand an Kalk. Erfolgt die Bestimmung des pH-

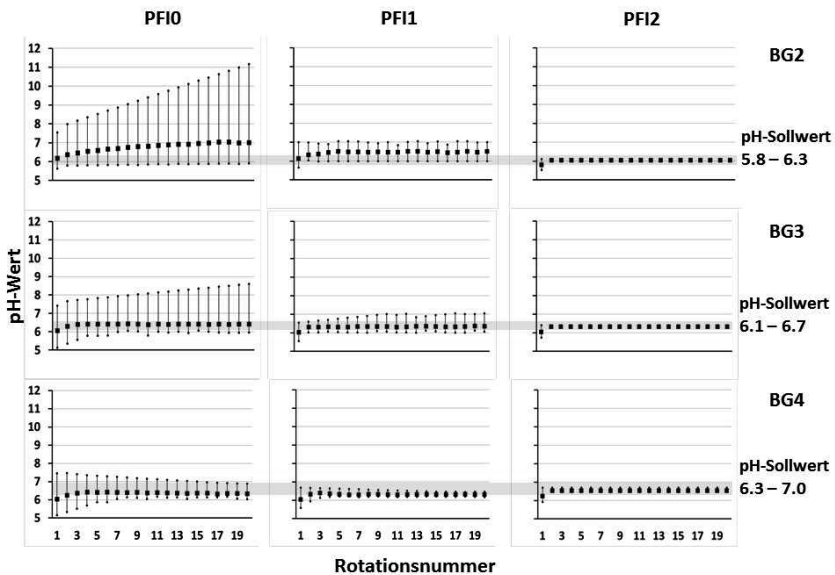


Abb. 1: Zeitliche Entwicklung der pH-Werte (Mittel, Min, Max) unterteilt nach Precision Farming Intensitätsstufe (PFI) und Bodengruppe (BG). (Grauer Balken = pH-Klasse C)

Sollwertes (Klasse C) im Mittel des Schlages (PFI0 und PFI1), wird auf BG2 (gering gepuffert) zu viel Kalk gedüngt – z.T. steigen die pH-Werte sehr stark an und weisen eine sehr hohe Streuung auf. Auf BG4 wird zu wenig Kalk gedüngt – die pH-Werte sinken, jedoch langsam auf Grund der besseren Pufferung. Die teilflächendifferenzierte Bodenbeprobung und CaO Applikation (PFI1) mindern diese Effekte deutlich gegenüber PFI0.

Bezüglich der Flächenanteile der drei TFG wurde festgestellt, dass mit Zunahme des Flächenanteils einer BG deren Ziel-pH-Wert immer besser erreicht wurde (Zunahme seines Gewichtes bei der Mittelwertbildung). Im Umkehrschluss: Kleine Anteile der TFG führten zu deutlicher CaO-Übersorgung der Flächenanteile mit BG2 (da nach dem höheren pH-Sollwert für BG3 berechnet) bzw. leichter, aber z.T. ertragswirksamer CaO-Unterversorgung derer mit BG4 (hier: pH-Sollwert BG4 > pH-Sollwert BG3).

An die nicht optimalen pH-Werte waren folgende mittleren Ertragseinbußen im Vergleich zum Ertrag bei optimalem pH-Wert gekoppelt:

- für PFI0: 3.6% (= 38 €/ha/Jahr Mindererlös)
- für PFI1: 2.4% (= 25 €/ha/Jahr Mindererlös)

Für kleine Flächenanteile fielen diese Ertragseinbußen deutlich höher aus. Bei 10% Flächenanteil von BG2 in PFI0 betragen die Ertragseinbußen im Maximum 8%, einem Mindererlös von 66 €/ha/Jahr entsprechend.

Die höchsten Gewinne wurden in PFI2 erzielt. Die teilflächendifferenzierte Kenntnis von Bodengruppe und pH-Wert in Kombination mit einer teilflächendifferenzierten CaO-Applikation entspricht einer konsequent standortangepassten Kalkung - sie führte bei annähernd gleichem CaO-Aufwand zu einem mittleren Mehrgewinn gegenüber PFI0 von 34 €/ha/Jahr. Deutlich geringer fiel der mittlere Mehrgewinn von PFI1 gegenüber PFI0 aus: 13 €/ha/Jahr - als Ergebnis eines knapp 10% geringeren CaO-Aufwandes und der o.g. mittleren Ertragseinbußen von 2.4%.

Literaturverzeichnis

- [Ke93] Kerschberger, M: Mittlere Ertragseinbußen durch unzureichende Kalkung. Landwirtschaftsblatt Weser-Ems 30, 1993.
- [KM07] Kerschberger, M.; Marks, G.: Nährstoffe und Bodenreaktion. Neue Landwirtschaft 1, S. 43-44, 2007.
- [vW08] von Wulffen, U.; Roschke, M.; Kape, H.-P.: Kalkversorgung – pH-Wert. In (Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz Land Brandenburg, Hrsg.): Richtwerte für die Untersuchung und Beratung sowie zur fachlichen Umsetzung der Düngeverordnung (DüV), LVLF, S. 11-20, 2008.

Generierung hochaufgelöster Bodenartenkarten auf Basis von Geophilus- und Bodenschätzungskarten

Jörg Rühlmann¹

Abstract: Eine wesentliche Voraussetzung für eine effiziente kleinräumig standortangepasste Bewirtschaftung sind räumlich hoch aufgelöste Bodeninformationen. Geophysikalische Bodeninformationen können räumlich hoch aufgelöst gewonnen werden, haben jedoch nur indirekten Pflanzenbaubezug. Die Ergebnisse der Bodenschätzung haben eine geringe räumliche Auflösung, aber Pflanzenbaubezug. Hier werden erste Ergebnisse vorgestellt, wie beide Informationsebenen miteinander kombiniert werden können.

Keywords: Bodenart, Bodenschätzung, digitale Bodenkarte, Gammaaktivität, scheinbarer elektrischer Widerstand

1 Einleitung

Räumlich hoch aufgelöste Bodeninformationen sind eine wesentliche Voraussetzung für eine effiziente kleinräumig standortangepasste Bewirtschaftung. Da die Verfügbarkeit derartiger Informationen häufig limitiert und Rasterbeprobungen mittels Bohrstock teuer und zeitaufwändig sind, werden alternativ geophysikalische Messverfahren für diesen Zweck angewendet. Die bisher dafür in Deutschland kommerziell genutzten „on-the-go“ Systeme (EM 38 und Veris 3100) erfuhren bereits eine relativ umfangreiche Anwendung in Bezug auf die Differenzierung von Teilflächen in horizontaler Richtung. Um auch genauere Aussagen zur vertikalen Differenzierungen von Böden treffen zu können, bedarf es jedoch Messtechnik mit einer entsprechenden Schichtauflösung. Das Geophilus System bietet dafür einen Lösungsansatz.

Durch das Verschneiden von hochaufgelösten geophysikalischen Bodeninformationen mit Punkt- und/oder geringaufgelösten Flächeninformationen zur Bodenart ergibt sich die Möglichkeit, hochaufgelöste Bodenartenkarten zu generieren. Diese werden zunehmend von der Praxis nachgefragt. Erste Anwendungen erfolgen bereits in der teilflächendifferenzierten Beregnung und Aussaat.

Ziel dieses Beitrages ist es, erste Ergebnisse zur Generierung hochaufgelöster Bodenartenkarten auf Basis von Geophilus- und Bodenschätzungskarten vorzustellen.

¹ Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Abt. Pflanzenernährung, Theodor-Echtermeyer-Weg 1, 14979 Großbeeren, ruehlmann@igzev.de

2 Aufbau des Messsystems

Das Geophilus Messsystem beinhaltet drei Sensoren – den Ortssensor (dGPS), den Gammasensor und den elektrischen Widerstands- (ER-) Sensor. Als Ortssensor wird ein dGPS (relative Genauigkeit 5-10 cm) verwendet. Der Gammasensor dient der Erfassung der vom Boden abgegebenen natürlichen Gammastrahlung. Diese entstammt im Wesentlichen dem an die Tonpartikel adsorbierten Uran und Thorium sowie dem Anteil an kaliumreichen Mineralen in der Ton- und Schlufffraktion. Die Gammastrahlung kann zur lithologischen Differenzierung von Lockergesteinen und zur Ermittlung des Tongehaltes verwendet werden. Der ER-Sensor (Abb. 1) misst den scheinbaren elektrischen Widerstand des Bodens (ERA) und basiert auf einem rollenden Elektrodensystem – bestehend aus sechs hintereinander angeordneten Achsen mit je einem Paar rollenden Elektroden.

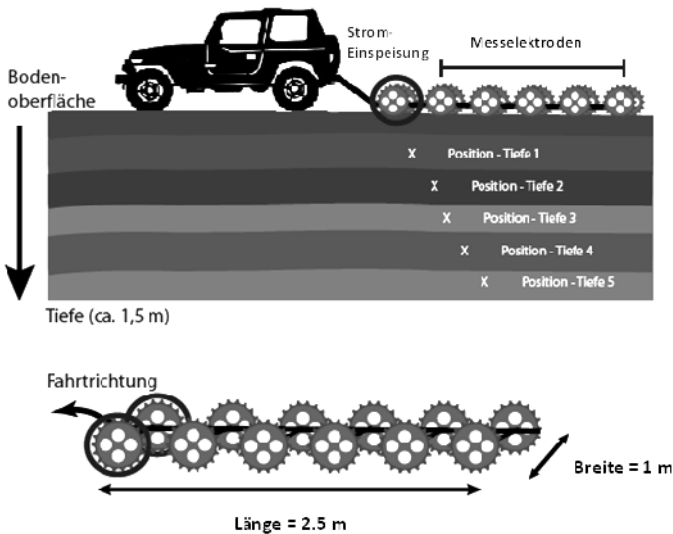


Abb. 1: Der ER Sensor – bestehend aus der Stromeinspeisung (1. Achse) und den Messdipolen (2.-6. Achse)

Zwischen dem ersten Elektrodenpaar wird ein Wechselstrom in den Boden eingespeist. Die Spannung wird zwischen allen weiteren Elektrodenpaaren gemessen. Der scheinbare elektrische Widerstand des Bodens wird durch Quotientenbildung aus Spannung und Strom berechnet.

Der elektrische Widerstand des Bodens wird von der Bodenart und dem Wassergehalt dominiert. Ein bei einem bestimmten Feuchtezustand des Bodens erhaltenes Muster der räumlichen Widerstandsverteilung innerhalb eines Feldes ist auch unter anderen Feuch-

tezuständen reproduzierbar, jedoch auf unterschiedlichem Niveau der Messwerte (höhere Widerstände bei niedrigerer Feuchte und umgekehrt).

Das Vorhandensein von fünf Paar Messelektroden ermöglicht es, den scheinbaren elektrischen Widerstand des Bodens in fünf unterschiedlichen Schichttiefen zu messen. Je weiter entfernt die Messelektroden von den Einspeiseelektroden entfernt sind, desto tiefer ist die Erkundungstiefe – im Minimum etwa 25 cm und Maximum etwa 1.5 m. Der ER-Sensor liefert also Daten zur Generierung einer Bodenprofilkarte, in der Schichtungen des Bodens widergegeben werden.

Das Geophilus Messsystem wurde am IGZ Großbeeren in Zusammenarbeit mit der Universität Potsdam im Rahmen mehrerer drittmittel- und haushaltsfinanzierter Projekte entwickelt. Ergebnisse des Vergleichs zu anderen mobilen Messsystemen und zu Untersuchungen zur lateralen und vertikalen Heterogenität von Ackerböden sind bei [Lu13] bzw. [LR13] beschrieben.

3 Anwendung des Messsystems

Die mit mobilen geophysikalischen Messsystemen erzeugten Bodenkarten haben den Vorteil, dass sie hochaufgelöst sind und den Nachteil, dass die erfassten Bodenmerkmale nur indirekt mit pflanzenbaulich relevanten Bodenmerkmalen zusammenhängen. Auf der anderen Seite weisen Bodenschätzungskarten mit dem Ausweisen der Hauptbodenarten diesen pflanzenbaulichen Bezug auf, haben aber eine geringe horizontale und keine vertikale Auflösung. Wir haben wie folgt versucht, beide Informationsebenen miteinander zu kombinieren.

Die in Abb. 2 dargestellt Bodenschätzungskarte weist Klassenflächen mit fünf unterschiedlichen Bodenarten aus; der Tiefenbezug ist ein Meter. Im Gegensatz zum EM38 und zum Veris 3100 misst der Geophilus Sensor in einer seiner fünf Tiefenstufen ebenfalls 0-100 cm. Die mit diesem Messkanal erfassten Daten wurden also entsprechend der fünf vorgefundenen Bodenarten in fünf Klassen unterteilt. Durch Veränderung der Klassengrenzen erfolgte „per Auge“ eine Anpassung des Flächenmusters an die der Bodenschätzungskarte und des Luftbildes. Eine Clusteranalyse, wie bei [Hi15] beschrieben, war hier nicht zielführend. Die so für diese Tiefenstufe ermittelten Klassengrenzen wurden auf die Daten der anderen Tiefenstufen übertragen – tiefenabhängige Unterschiede in den Flächenanteilen der einzelnen Klassen wurden sichtbar (Abb. 2). Die Gammakarte zeigt Unterschiede im geologischen Ausgangsmaterial und hat Bezug zum Tongehalt. Im Allgemeinen sind Gamma-Aktivität und ERA negativ korreliert – tonreiche Böden weisen hohe Gammaaktivitäten und niedrige ERA-Werte auf, Sandböden entsprechend umgekehrt. Ein Vorteil der Gamma- im Vergleich zur ERA Messung ist die deutlich geringere Beeinflussung durch die Bodenfeuchte. Abweichungen im Gamma:ERA-Verhältnis können also ein Indiz für z.B. reliefbedingte Bodenfeuchteunterschiede sein.

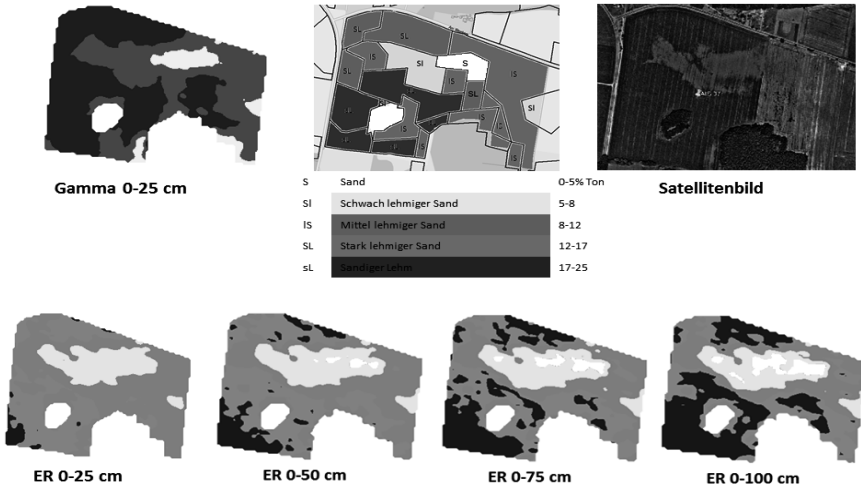


Abb. 2: Anpassung der Zonenabgrenzung innerhalb von Mehrzonenkarten (Gamma und ER) an Informationen aus der Bodenschätzung und aus einem Satellitenbild.

4 Fazit

Eine erfolgversprechende Möglichkeit zur Generierung hochaufgelöster Bodenartenkarten für eine teilflächendifferenzierte Bewirtschaftung wurde beschrieben. Ein folgender Schritt besteht in der „Objektivierung“ des vorgestellten Procederes.

Literaturverzeichnis

- [Hi15] Hink, S. et al.: GIS-gestütztes Verfahren zur Erstellung einer kleinräumigen Feldbodenkarte für die teilflächenspezifische Nutzung. In (Ruckelshausen, A.; Schwarz, H.-P., Theuvsen, B. (Hrsg.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungs-wirtschaft, Referate der 35. GIL Jahrestagung, Geisenheim, S. 85-88, 2015.
- [Lu13] Lueck, E. et al.: Comparison of mobile multi-sensor platforms at the test-site Rosslau in Germany. 3rd Global Workshop Proximal Soil Sensing. Bornimer Agrartechnische Berichte 82, 278-282, 2013.
- [LR13] Lueck, E.; Rühlmann, J.: Resistivity mapping with GEOPHILUS ELECTRICUS – Information about lateral and vertical soil heterogeneity. Geoderma 199, 2-11, 2013.

Pflanzenschutz-Anwendungs-Manager (PAM): Automatisierte Berücksichtigung von Abstandsauflagen. Praktische Vorführung und Feldtestergebnisse

Martin Scheiber¹, Christoph Federle¹, Johannes Feldhaus², Burkhard Golla³,
Bernd Hartmann⁴, Benno Kleinhenz¹, Daniel Martini⁵ und Manfred Röhrig⁶

Abstract: Pesticide-Application-Manager (PAM) is an internet-based Decision Support System (DSS) which automates important processes in crop protection by using up-to-date ICT-technologies and integrating data from different public and private sources. PAM focuses in particular on supporting farmers complying with legal buffer zones to water bodies, settlements and other terrestrial elements deserving protection, like hedges or forests. PAM creates machine readable application maps, which include legal buffer zones where spraying under the given conditions is prohibited. Natural and aquatic ecosystems as well as settlements adjacent to agricultural areas are being protected automatically. The practicability of PAM is shown by successful integration in well-established Farm Management Information Systems (FMIS) as well as positive experiences during field tests.

Keywords: Pflanzenschutz, FMIS, Abstandsauflagen, GNSS, GIS, Precision Farming

1 Einleitung

Durch eine Reihe von Vorschriften, Rahmenbedingungen und Anforderungen an Vorbereitung, Durchführung und Dokumentation ist der Pflanzenschutz eine der informationsintensivsten Maßnahmen in der Pflanzenproduktion überhaupt. Die Planung und Umsetzung von Pflanzenschutzmittelanwendungen, die Einhaltung von Abstandsauflagen und deren Dokumentation liegen derzeit jedoch meist allein in der Zuständigkeit des Fahrers, der die Pflanzenschutzmaßnahme durchführt. Ein großer Teil dieser Tätigkeiten wird hierbei immer noch manuell und ohne Unterstützung durch Informationstechnologie durchgeführt. Dies führt zu einem erhöhten Aufwand in den Betrieben und zu Fehlern.

Im Rahmen des PAM Projektes wird ein internetbasiertes Entscheidungshilfesystem entwickelt, das schlag- und produktspezifisch maschinenlesbare Applikationskarten

¹ Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP), 55545 Bad Kreuznach, scheiber@zepp.info, federle@zepp.info, kleinhenz@zepp.info

² JOHN DEERE GmbH & Co. KG, ISG Europe, 67657 Kaiserslautern, FeldhausJohannes@JohnDeere.com

³ Julius Kühn-Institut (JKI) Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, 14532 Kleinmachnow, burkhard.golla@jki.bund.de

⁴ BASF SE, 67117 Limburgerhof, bernd.hartmann@basf.com

⁵ Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), 64289 Darmstadt, d.martini@ktbl.de

⁶ Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion e.V. (ISIP), 55545 Bad Kreuznach, roehrig@isip.de

erstellt, die schützenswerte Bereiche am bzw. im Schlag ausweisen, in denen aufgrund von Abstandsauflagen keine Pflanzenschutzmittel ausgebracht werden dürfen. Hierfür werden Informationen aus verschiedenen öffentlichen Datenbanken (u.a. [BVL13]) mit Informationen der Pflanzenschutzmittelhersteller und des Landwirts (z. B. zur verwendeten Düsenteknik) kombiniert (Abb. 1).

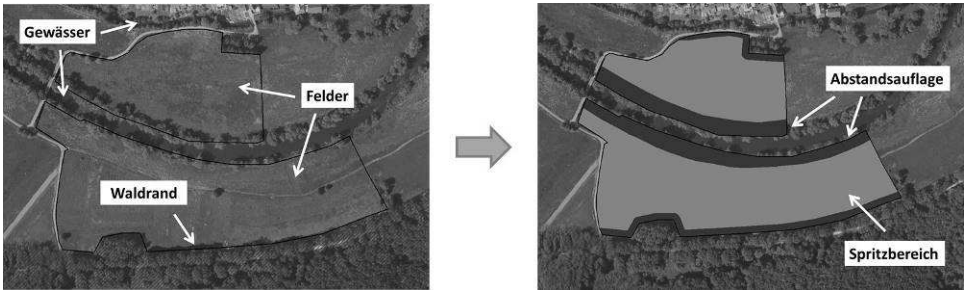


Abbildung 1: Erstellung einer Applikationskarte

2 Funktionsweise des Entscheidungshilfesystems

Das PAM-Entscheidungshilfesystem läuft in einem fünfstufigen Prozess ab (Abb. 2), der die ganze Pflanzenschutzanwendung von der Planung über die Durchführung bis hin zur Dokumentation umfasst. Die Umsetzung erfolgt über Web-Services, die in Farmmanagement-Informationssysteme (FMIS) integriert werden können.

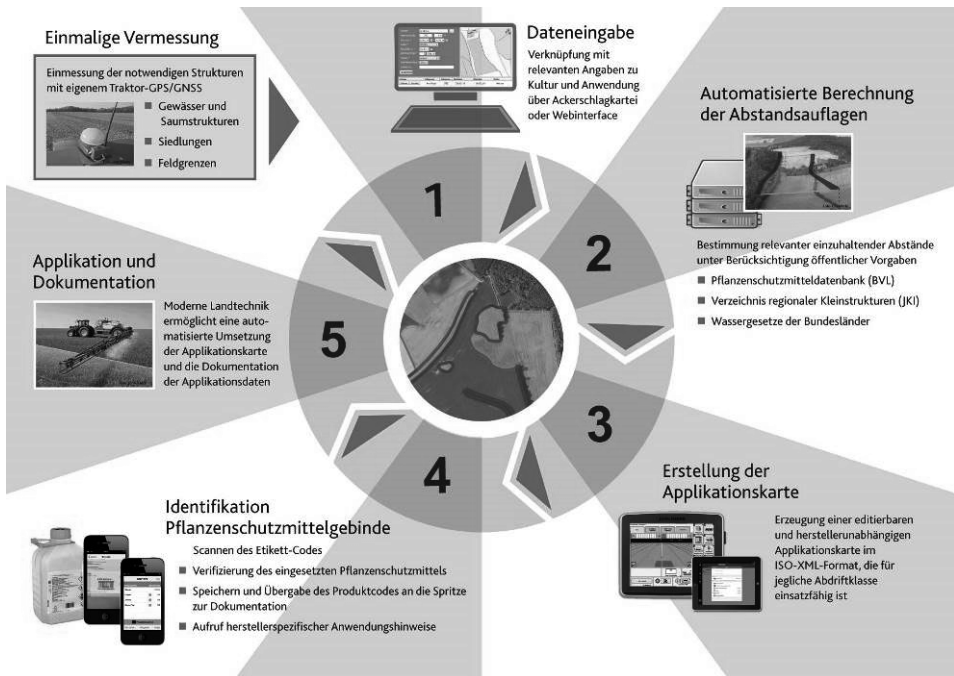


Abbildung 2: Pflanzenschutz-Anwendungs-Manager – Entscheidungshilfesystem

3 Integration in FMIS

Im Rahmen des Projektes wurde das PAM-Entscheidungshilfesystems exemplarisch in zwei gängige FMIS, die BASF Schlagkartei und Landdata Eurosoft, integriert. Zusätzlich erfolgt eine Anbindung an das Portal MyJohnDeere.com.

Die Einbindung in bestehende Datenmanagementsysteme vermeidet beim Landwirt aufwändige Doppelarbeiten bei der Dateneingabe. Bei der standardmäßigen Planung von Pflanzenschutzaufrägen im FMIS kann dann durch den Klick eines Buttons das PAM-Entscheidungshilfesystem abgefragt werden. Der im FMIS generierte Auftrag wird dann um die einzuhaltenden Schutzzonen ergänzt. Anschließend ist ein direkter Transfer auf das Traktorterminal und ein Beginn der Applikation möglich.

4 Ergebnisse der Feldtests

Um eine herstellerunabhängige Anwendbarkeit des PAM-Entscheidungshilfesystems zu gewährleisten, wird für den Datenaustausch der offene ISO-XML Standard verwendet

(ISO 11783-10) [ISO09]. Im Laufe des Projektes zeigte sich jedoch, dass dieser in der gegenwärtigen Version nicht alle benötigten Datenfelder (Tags) bereit hält.

Aus diesem Grunde werden zurzeit einige relevante Informationen in herstellerspezifischen (sog. proprietären) Tags hinterlegt. Dies ist zwar standardkonform, führt jedoch dazu, dass Terminals ohne eine Aktualisierung der Software aktuell nicht in der Lage sind, die Informationen korrekt zu interpretieren. Die Projektpartner werden nun darauf hinwirken, diese proprietären Tags in den Standard mitaufzunehmen, so dass zukünftig alle Terminals direkt in der Lage sind, die generierten Applikationskarten umzusetzen.

Im Rahmen der durchgeführten Feldtests wurden zunächst Terminals mit einem Softwareupdate ausgestattet. Diese steuerten damit bereits in der Praxis verfügbare Pflanzenschutzspritzen mit Teilbreitenabschaltung an, um die Abstandsauflagen der ausgewiesenen Schutzzonen einzuhalten. Dies funktionierte in der praktischen Anwendung mit Geräten verschiedener Hersteller einwandfrei.

5 Fazit

Mit Hilfe des PAM-Entscheidungshilfesystems ist es möglich, zentrale Prozesse im Pflanzenschutz von der Planung über die Applikation bis hin zur Dokumentation weitgehend zu automatisieren. Die erfolgreiche Integration in gängige FMIS sowie Feldtests beweisen die praktische Anwendbarkeit.

PAM wird von einem Konsortium aus öffentlichen und privaten Organisationen unter Leitung der Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP) umgesetzt. Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

Literaturverzeichnis

- [BVL13] Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (Ed.): Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis 2013, Teil 1-7. Braunschweig, Saphir Verlag, 61. Ed. 2013.
- [ISO09] ISO 11783-10:2009: Tractors and machinery for agriculture and forestry -- Serial control and communications data network -- Part 10: Task controller and management information system data interchange, 2009.

Arbeitszeitbedarfsermittlung am Beispiel der Ferkelerzeugung – IT-basierte Erfassungsmethoden und ihre Verwendungsmöglichkeiten

Katharina Schlosser¹ und Ludwig Theuvsen²

Abstract: In landwirtschaftlichen Betrieben ist Arbeit ein äußerst teurer und auch knapper Produktionsfaktor. Bei der Weiterentwicklung von Haltungssystemen im Bereich der Ferkelerzeugung spielt daher die Messung des Arbeitszeitbedarfs eine wichtige Rolle, um die ökonomischen Auswirkungen abschätzen zu können. Die Möglichkeiten der IT-basierten Zeiterfassung reichen dabei von der einfachen, aber wenig genauen Messung mittels digitaler Stoppuhr und Protokoll bis hin zur Zeiterfassung mit Mini-Computer und spezieller Software. Weiterhin gibt es Nicht-IT-basierte Erfassungsmethoden, die grobe Schätzungen für Arbeitszeiten ermitteln. Die erhobenen Daten können in unterschiedlicher Weise für die Bewertung neuer Haltungssysteme herangezogen werden.

Keywords: Arbeitszeitbedarf, Erfassungsmethoden, Nutzungsmöglichkeiten, Ferkelerzeugung

1 Einleitung

Arbeit ist ein sehr kostenintensiver und knapper Produktionsfaktor in landwirtschaftlichen Betrieben. Besonders in der arbeitsintensiven Ferkelproduktion stellen die Arbeits erledigungskosten einen großen Kostenblock dar [Ba05]. Bei der Entwicklung neuer Haltungssysteme im Abferkelbereich, die das freie Abferkeln in Bewegungsbuchten oder in der Gruppenhaltung vorsehen, stellt die Analyse des Arbeitszeitaufwandes daher eine wichtige Entscheidungshilfe dar. Denn neben den tierbezogenen Indikatoren wie Verhalten, Leistungen und Gesundheit ist die Arbeitswirtschaftlichkeit eines Abferkelsystems ein ausschlaggebendes Entscheidungskriterium für dessen Bewertung [Je02]. Verschiedene Ausgestaltungen von Haltungssystemen haben wiederum einen Einfluss auf die Höhe des Arbeitszeitaufwandes. So können beispielsweise material- und konstruktionsbedingte Eigenschaften des Abferkelsystems dazu führen, dass Differenzen im Zeitbedarf für ein und dieselbe Tätigkeit entstehen [Qu10]. Für die Erforschung alternativer Haltungssysteme gewinnen unter den genannten Umständen daher auch effiziente Methoden der Arbeitszeitermittlung zunehmend an Bedeutung. Daher ist es das Ziel dieses Beitrags, vorbereitend auf eine zu einem späteren Zeitpunkt durchzuführende Zeiterfas-

¹Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, Katharina.Schlosser-1@agri.uni-goettingen.de

²Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness, Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen, theuvsen@uni-goettingen.de

sung in verschiedenen Abferkel-, Aufzucht- und Mastsystemen die in Frage kommenden Methoden der Zeiterfassung auf der Basis einer Literaturrecherche zusammenzufassen und hinsichtlich ihrer Verwendungsmöglichkeiten zu diskutieren. Dabei wird zwischen IT-basierten Methoden und nicht-IT-basierten Methoden unterschieden.

2 Zeiterfassungsmethoden im Überblick

Um systemspezifische Arbeitszeiten zu ermitteln, erfolgt eine hierarchische Gliederung der Gesamtarbeit in Anlehnung an REFA³ in Arbeitsvorgänge, Arbeitsteilvorgänge und in kleinstmögliche Arbeitselemente [Au86]. Grundsätzlich ist, je nachdem für welchen Zweck die Zeiterfassung durchgeführt wird, eine Unterteilung der Zeiterfassungsmethoden in finale und kausale Methoden möglich [HS06]. Im Bereich der finalen Methoden wird hauptsächlich eine Schätzung der Arbeitszeiten vorgenommen; daher können Zeitangaben nicht für einzelne Arbeitselemente, sondern nur grob für einen Arbeitsvorgang, wie z.B. „Ferkel impfen“, ermittelt werden. Hingegen ist die Zeitermittlung durch kausale Methoden weitaus exakter, da sie die verbrauchte Zeit sowie Einflussgrößen im Wege einer Arbeitsbeobachtung oder eines Arbeitsversuchs mit Zeiterfassung detaillierter auf Ebene von Arbeitselementen messen [Au86]. Aus diesem Grund sind bei kausalen Methoden die Zeiten nur mit geeigneten IT-gestützten Erfassungsgeräten erhebbar.

2.1 IT-basierte Zeiterfassungsmethoden

Als IT-basierte Zeiterfassungsmethoden werden Systeme bezeichnet, die bei der Erfassung von Zeiten auf ein technisches Hilfsmittel zurückgreifen und eine Auswertung entweder über PC-Schnittstellen, am Gerät selbst oder nach manueller Übertragung in Verarbeitungsprogramme wie Excel zulassen. Um exakte Messungen gewährleisten zu können, ist eine genaue Festlegung der Messzeitpunkte zwischen den einzelnen Arbeitselementen notwendig. Dafür ist eine Arbeitsbeobachtung mit Feststellung der einzelnen Arbeitsablaufschritte (=Arbeitselemente) als vorbereitender Maßnahme notwendig [RS06]. Eine relativ einfache Messung der Arbeitszeiten erfolgt mittels einer digitalen Stoppuhr; allerdings ist der Einfluss des Zeitnehmers, insbesondere bei zeitlich sehr kurzen Messungen, bei dieser Methode nicht zu unterschätzen und führt häufig zu Ungenauigkeiten [Au86]. Weitere Möglichkeiten ergeben sich über Messungen mit Hand-Held Computern mit spezieller, für Zeiterfassungen entwickelter Software, wie zum Beispiel der Ortimb3, welche in der Wissenschaft für landwirtschaftliche Fragestellungen bereits häufiger eingesetzt wurden [HSF11]. Arbeitszeiten können bei Systemen dieser Art für einzelne, zum Teil sehr kurze Arbeitselemente, welche vorher programmiert wurden, gemessen werden [RS06]. Ebenso kann Videotechnik als Hilfsmittel eingesetzt werden, um eine ständige Anwesenheit des Zeitnehmers zu erübrigen und eine

³ Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung – REFA – e.V., Darmstadt (ehemals Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung)

Auswertung mittels Zeitmessgeräten zu einem späteren Zeitpunkt zu ermöglichen [HS06, Qu10].

2.2 Sonstige Zeiterfassungsmethoden

Zu den sonstigen Zeiterfassungsmethoden zählen solche Methoden, bei denen mehr oder weniger auf handschriftliche Aufzeichnungen geschätzter Arbeitszeiten zurückgegriffen wird. Eine finale Methode der Zeiterfassung ohne IT-Einsatz stellt das Arbeitstagebuch dar, welches durch den Betriebsleiter auszufüllen ist. Die Güte der gewonnenen Daten hängt dabei maßgeblich von der Motivation und Verlässlichkeit des Ausfüllenden ab, aber auch der Aufwand für das Führen und die Auswertung des Arbeitstagebuches ist nicht zu unterschätzen. Aufgrund der häufig ungenauen Ergebnisse dienen Arbeitstagebücher eher als Orientierungsgrundlage für tiefere Untersuchungen [SKS05]. Zudem besteht die Möglichkeit, Arbeitszeiten über einen Fragebogen bei dem Betriebsleiter zu erfragen, was aber ebenfalls mit hoher Ungenauigkeit behaftet sein kann [HS06]. Auch die Erfassung über Interviews mit dem Betriebsleiter oder einem leitenden Angestellten ist eine praktikable Lösung [SKS05], der es allerdings an Genauigkeit mangelt, da es sich meistens um grobe Abschätzungen handelt [HS06].

3 Verwendungsmöglichkeiten in der Ferkelerzeugung

Wie eingangs erwähnt, werden Arbeitszeiterfassungen unter anderem herangezogen, um Haltungssysteme hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit zu bewerten. Je nachdem, wie hoch die Arbeiterledigungskosten, die von der benötigten Arbeitszeit abhängen, für ein bestimmtes Abferkelsystem ausfallen, lässt sich damit auf die Gesamtwirtschaftlichkeit eines Haltungssystems schließen [Je02]. Weiterhin dienen erfasste Arbeitszeiten der Beschreibung von Arbeitssystemen, -methoden und -bedingungen. Durch die Erfassung von Ist-Zeiten kann ein Beitrag zur Betriebsplanung und zur Optimierung der Arbeitsorganisation im Abferkelbereich geleistet werden [HS06]. Zudem können bei den kausalen Methoden der Zeiterfassung Einflussgrößen auf den Arbeitszeitbedarf sowie Leistungsgrade analysiert werden, was eine ganzheitliche Betrachtung der Arbeitszeiten und der Arbeitsbedingungen darstellt und insofern wertvolle Informationen über die Arbeitsbelastung gibt [Au86]. Eine weitere Nutzungsmöglichkeit besteht in der Verwendung von erfassten Arbeitszeiten zur Schwachstellenanalyse und Optimierung im landwirtschaftlichen Betrieb. Hierbei kann ein Vergleich mit anderen Betrieben integriert werden. Weiterhin können Ergebnisse von Arbeitszeiterfassungen, besonders bei Anwendung finaler Methoden, als Orientierungsgrundlage für weitere, tiefere Untersuchungen [Au86] sowie für die Ergänzung und Entwicklung von Planzeiten für bestimmte Arbeitsvorgänge genutzt werden [HS06].

4 Schlussfolgerungen

Um einen Systemvergleich verschiedener Abferkelsysteme hinsichtlich des Arbeitszeitbedarfes durchzuführen, müssen die Methodik und die eingesetzten technischen Hilfsmittel verschiedene Voraussetzungen erfüllen. So sollten sehr kurze und viele verschiedene Arbeitselemente messbar, im System bereits eingepflegte Arbeitselemente vorhanden, eine hohe Genauigkeit der erfassten Zeit gewährleistet sowie eine gleichzeitige Erfassung von Einflussgrößen, die ebenfalls vorher im System hinterlegt wurden, möglich sein [HS06]. Aus diesem Grund scheiden finale Methoden der Zeiterfassung für den Einsatz in der Ferkelerzeugung aus. Hingegen erfüllt eine Arbeitsbeobachtung im laufenden Betrieb unter Zuhilfenahme eines Pocket PCs mit entsprechender Zeiterfassungssoftware die genannten Voraussetzungen und ist daher für die Zeiterfassung zu empfehlen.

Literaturverzeichnis

- [Au86] Auernhammer, H.: Landwirtschaftliche Arbeitslehre. Manuskript der Vorlesung. Institut für Landtechnik der TU-Weihenstephan, 1986.
- [Ba05] Baumgartner, J. et al.: Beurteilung von serienmäßig hergestellten Abferkelbuchten in Bezug auf Verhalten, Gesundheit und biologische Leistung der Tiere sowie in Hinblick auf Arbeitszeitbedarf und Rechtskonformität; Arbeitstitel: Beurteilung von Abferkelbuchten, 2005.
- [HSF11] Heitkämper, K.; Schick, M.; Fritzsche, S.: Arbeitszeitbedarf in der Mastschweinehaltung. In: Landtechnik, S. 113-115, 2011.
- [HS06] Haidn, B.; Schleicher, T.: Arbeitszeitaufwand in den Pilotbetrieben. In: Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 15/06, S.185-210, 2006.
- [Je02] Jeremic, D. et al.: Arbeitszeitbedarf verschiedener Einzel- und Gruppenhaltungssysteme für ferkelführende Sauen. In: Hrsg.: F.-J. Bockisch und S. Kleisinger, Tagungsband des 13. Arbeitswissenschaftlichen Seminars des VDI-MEG-Arbeitskreises "Arbeitswissenschaften im Landbau (AKAL)" am 5. und 6. März 2002, Institut für Betriebstechnik und Bauforschung der FAL, S. 25-30, 2002.
- [Qu10] Quendler, E. et al.: Arbeitswirtschaftlichkeit und ökonomische Analyse verschiedener Abferkelsysteme. In: Die Bodenkultur 61 (1), 2010.
- [RS06] Riegel, M.; Schick, M.: Arbeitszeitbedarf und Arbeitsbelastung in der Schweinehaltung. In: FAT-Berichte, S.1-13, Nr.650, 2006.
- [SKS05] Schrader, S.; Keck, M.; Schick, M.: Determination of Working-Time Requirement in Suckler Cattle Farming Using a Combination of Recording Methods. In: XXXI CIOSTA-CIGR V Congress "Increasing Work Efficiency in Agriculture, Horticulture and Forestry", 19.-21. September 2005, Universität Hohenheim, Stuttgart, S. 21-27, 2005.

Modellbasierte Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Bestimmung von Bodenparametern durch die Verwendung des autonomen Feldroboters BoniRob

Christian Scholz¹, Bojan Ferhadbegovic², Stefan Hinck³, Thorsten Litfin¹ und Arno Ruckelshausen¹

Abstract: In dieser Arbeit erfolgt eine modellbasierte Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Bestimmung von Bodenparametern durch die Verwendung des autonomen Feldroboters BoniRob im Vergleich zu konventionell verfügbaren Technologien. Auf der Basis von entwickelten Modellen und deren identifizierten technischen und monetären Eingangsgrößen werden die vorhandenen Systeme mit geeigneten Investitionsrechnungen analysiert und anschließend bewertet. Vorteile und weitere Anwendungen werden bei der Beurteilung berücksichtigt, um den Einsatz der Feldrobotik hinsichtlich ökonomischer und ökologischer Aspekte zu unterstreichen. Zur Beurteilung der Akzeptanz der Menschen für Technologien im Bereich der Bodenparameter-Bestimmung wird im Rahmen dieser Arbeit eine Umfrage durchgeführt, um zuvor definierte Technik- und Qualitätsparameter objektiv zu validieren. Zusätzlich bewerten die Teilnehmer zwei unterschiedliche Szenarien zur Anwendungen der Feldrobotik hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu konventionell verfügbaren Systemen. In einem letzten Schritt werden spekulative Kosten für Folgeschäden der Landwirtschaft in Form von Überdüngungen und Bodenverdichtungen dargestellt und ein erster Lösungsansatz zur Minderung dieser Schäden beschrieben.

Keywords: Wirtschaftlichkeitsanalyse, autonome Feldroboter, BoniRob, Bodenparameter

1 Motivation

Für eine Precision Farming Bewirtschaftung innerhalb der Landwirtschaft ist die effektive und effiziente Nutzung von Ressourcen bedeutend. Eine wichtige Ressource ist der vorhandene Ackerboden, der nur begrenzt zur Verfügung steht und deshalb optimal und nachhaltig genutzt werden muss. Um detaillierte Aussagen bezüglich der Nutzung treffen zu können, sind Bodeninformationen von tragender Bedeutung. So sind beispielsweise die Zusammensetzungen sowie die Zustände der Ackerböden von großem Interesse. Wichtige Parameter in diesem Zusammenhang sind die Bodennährstoffverhältnisse anhand von Probenentnahmen und Bodendichtemessungen durch Penetrometermessungen, welche durch eine Umfrage bereits validiert wurden [CS15]. Für eine detaillierte Erfassung und Analyse der Bodeneigenschaften/-zusammensetzungen werden innovative Bodenkarten in den letzten Jahren zunehmend bedeutender, wobei die zeitliche und räumliche Auflösung dieser Karten immer eine Diskussionsgrundlage bietet [DS09]. Die

¹ Hochschule Osnabrück, Albrechtstr. 30, 49076 Osnabrück, c.scholz@hs-osnabrueck.de

² Deepfield Robotics (BOSP/PAA), Benzstr. 56, 71272 Renningen

³ FARMsystem, Sedanstr. 26, 49076 Osnabrück

genannten Methoden zur Messung von Bodeneigenschaften verursachen auf der einen Seite eine anwender- und zeitabhängige Streuung der Messergebnisse und gegebenenfalls nur eine geringe Anzahl an Messpunkten. Zusätzlich sind die Methoden sehr zeit- aufwendig und in der manuellen Ausführung sehr anstrengend. Durch diese negativen Aspekte entsteht ein Bedarf an einer automatisierten Methode zur Bestimmung der genannten Bodenparameter auf Basis von innovativen Technologien in den Bereichen Mechatronik und Sensorik. Ein sehr dynamischer Teilaspekt dieser Technologien sind die Einführungen von Feldroboter. Erste Analyse zeigen mögliche Anwendungen, Konzepte und Potentiale dieser mobilen Agrarroboter [CM15].

2 Material und Methoden

In dieser Arbeit erfolgt eine modellbasierte Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Bestimmung der genannten und verifizierten Bodenparametern, durch die Verwendung des autonomen Feldroboters BoniRob (www.deepfield-robotics.com) mit geeigneter Applikation („App“) im Vergleich zu konventionellen Technologien. Der Prozess zur Bestimmung der Parameter gliedert sich in drei Teilprozesse. Hierzu zählt der Prozess der Vorbereitung, der Durchführung und der Nachbereitung. Im Rahmen der Analyse wird der Teilprozess Durchführung bewertet und in Abbildung 1 schematisch dargestellt. Die übrigen Teilprozesse werden als gleichwertig zu den konventionellen Technologien angenommen und im Rahmen der Analyse nicht bewertet.

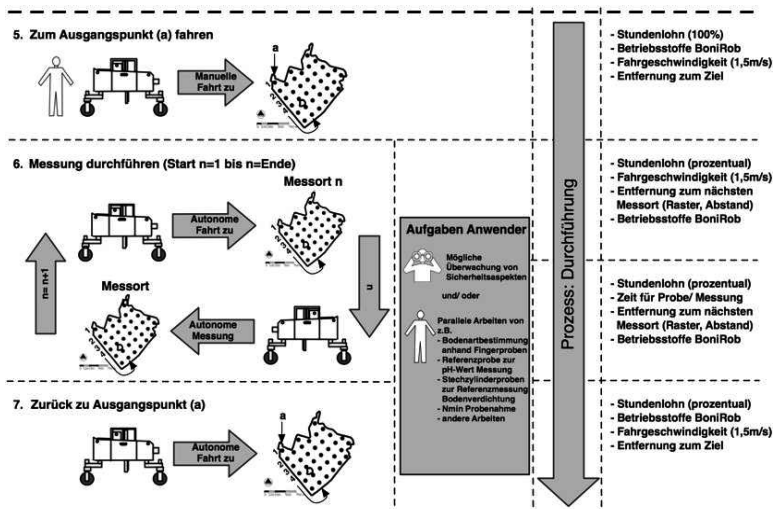


Abb. 1: Teilprozess Durchführung mit BoniRob und App

Die technischen und monetären Eingangsgrößen der Modelle sind u.a. Zeiten für die Durchführung der Einzelmessung, Messungen im Jahr, Absatzpreis, Anschaffungskosten

und Nutzungsdauern der Fahrzeuge und Systeme. Die Bewertung der unterschiedlichen Systeme erfolgt durch die Verwendung des Kapitalwerts. Hierbei werden drei unterschiedliche Szenarien dargestellt. Szenario 1 beinhaltet die Bodenprobenentnahme als Hauptanwendung, in der alle Kosten beachtet und andere Tätigkeiten nicht durchgeführt werden. Szenario 2 repräsentiert die Bodenprobenentnahme als Nebenanwendung. Hierbei sind die Fahrzeuge (BoniRob, 4x4 PKW) vorhanden und werden nur mit ihren variablen Kosten aufgeführt. Abschließend zeigt Szenario 3 die Penetrometermessung als Nebenanwendung. Auch in diesem Fall sind nur die variablen Kosten der Fahrzeuge (BoniRob, Quad) aufgeführt. In einem ersten Schritt wird eine Sensitivitätsanalyse des Kapitalwertes in Abhängigkeit zur Nutzungsdauer des Feldroboters BoniRob durchgeführt, um die jährlichen Einsatzzeiten für die Wirtschaftlichkeitsberechnung zu identifizieren und erste Aussagen bezüglich der Wirtschaftlichkeit treffen zu können. In einem zweiten Schritt werden die Kapitalwerte der einzelnen Systeme anhand ihrer Höhe in einer Tabelle dargestellt, um einen Wirtschaftlichkeitsvergleich darzustellen.

3 Ergebnisse

Abbildung 2 zeigt die BoniRob Sensitivitätsanalyse des Kapitalwerts in Abhängigkeit zur Nutzungsdauer. Zur Analyse wurden jährliche Betriebsstunden von 300h, 600h, 900h für die Hauptanwendung der Bodenprobenentnahme berücksichtigt.

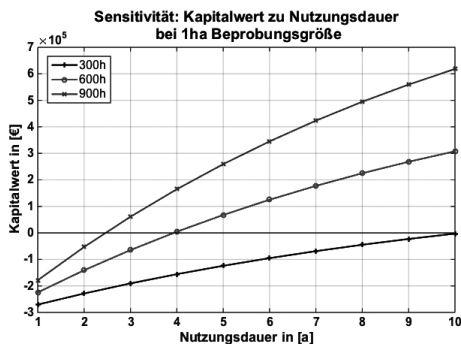


Abb. 2: BoniRob Sensitivitätsanalyse des Kapitalwerts zu Nutzungsdauer

Bei einer jährlichen Betriebsstundenzahl von 300h für die Hauptanwendung des BoniRob zur Bodenprobenentnahme zeigt sich über das dargestellte Nutzungsintervall ein negativer Kapitalwert des Systems und eine Investition ist somit unwirtschaftlich. Bei 600h Einsatzstunden im Jahr kommt es ab einer Nutzungsdauer von 4 Jahren zu einer Vorteilhaftigkeit. Ab ca. 2,5 Jahren zeigt sich ein wirtschaftlicher Vorteil bei 900h Einsatzstunden im Jahr. Auf Basis der Sensitivitätsanalyse und anhand des Maschinenkostenrechners der KTBL (www.ktbl.de) wird eine jährliche Betriebsstundenzahl von 600h bei einer Nutzungsdauer von 5 Jahren zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Hauptanwendung gewählt. Für die Analyse der Nebenanwendungen werden jährliche Betriebs-

stunden von 300h bei einer Nutzungsdauer von 5 Jahren angesetzt. Somit ergeben sich jährliche Einsatzstunden von 900h was vergleichbar zur jährlichen Nutzung eines Traktors ist (siehe KTBL). Tabelle 1 zeigt das resultierende Ranking anhand der Höhe der Kapitalwerte für die unterschiedlichen Systeme.

Rang	Szenario 1 (600h)	Szenario 2 (300h)	Szenario 3 (300h)
1	Speedprob	Speedprob	BoniRob**
2	N 2012	BoniRob*	Penetrologger
3	BoniRob*	N 2012	Feldpenetrometer
4	Duoprob	Duoprob	-

Tabelle 1: Ranking anhand der Kapitalwerte (* = Bodenproben, ** = Penetrometer)

4 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Anwendung des BoniRobs in Szenario 1 im Vergleich zu konventionellen Technologien weniger wirtschaftlich ist. In den Nebenanwendungen (Szenario 2 und 3) ergeben sich wirtschaftliche Vorteile. Um eine weitere Steigerung der Wirtschaftlichkeit zu erzielen, müssten weitere kostenintensive Anwendungen identifiziert werden. Diese Anwendungen könnten zunehmend in der kleinräumigen Gewinnung von Bodeninformationen liegen, um Folgeschäden der konventionellen Landwirtschaft zu minimieren. Überdüngungen der landwirtschaftlichen Flächen erzeugen jährlichen Kosten für die Trinkwasseraufbereitung von ca. 7,5Mrd.€ [Bu13]. Hierfür ergeben sich hohe Potentiale für die Feldrobotik, um die benötigten Informationen über Zustände der Ackerböden zu gewinnen und Maßnahmen zur Vermeidung abzuleiten.

Literaturverzeichnis

- [Bu13] Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland: Wasserversorgung nicht privatisieren. Berlin. URL: <http://www.bund.net/nc/presse>, 21.03.2013.
- [CM15] Meltebrink, Christian: ROS-basiertes Validierungskonzept für autonome Agrarroboter. Hochschule Osnabrück, Masterthesis, 2015.
- [CS15] Scholz, Christian: Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Feldroboterbasierten Bodenparameter-Bestimmung. Hochschule Osnabrück, Masterthesis, 2015.
- [DS09] Domsch, Horst; Schirrmann, Michael: Teilflächenspezifische Grunddüngung. In Bor-nimer Agrartechnische Berichte 72/2009, ATB, 2009.

Roundwood Tracking using Log End Biometrics

Rudolf Schraml¹, Johann Charwat-Pessler², Karl Entacher², Alexander Petutschnigg² und Andreas Uhl¹

Abstract: Log end biometrics is a physically marking free approach to establish log traceability from forest-site to further-processing companies. Within an Austrian research project questions regarding the applicability of log end biometrics were investigated. This work introduces to biometric log end recognition, summarizes our research and provides an outlook on future work.

1 Introduction

Biometric tracking of wood logs is a potential approach to establish log traceability without the necessity for physical markers like plastic badges or RFID transponders. A biometric log recognition system based on log end images could be used to track the ownership from the forest based industries to further processing companies. Furthermore, the ongoing process optimization in the forest-based and the sawmill industry demands for technologies which efficiently identify wood logs and pass log specific information along the log processing chain.

By analogy to human biometrics, it is assumed that wood logs are unique entities which can be recognized using log characteristics. The approaches presented in [CG03, CG04, FOG08] utilized 2D and 3D scanners to extract geometric wood properties for tracking logs within the sawmill environment. The utilized capturing devices are however, not applicable at forest site.

On account of the fact that timber offers characteristics on log end faces in terms of annual rings, pith position, shape and dimension it is assumed that cross-section (CS) images of log ends can be used as biometric characteristic for log identification. In this work the concept of log end biometrics is introduced and the results of our research are summarized (Sect. 2). We conclude with an outlook on future research needs (Sect. 3).

2 Log End Biometrics

In the FWF joint project TRP254 entitled with "*Traceability of logs by means of digital images (TreeBio)*" we mainly contributed to the research on this field. For biometric log tracking, each log needs to be enrolled by the biometric system (Figure 1). A digital

¹ University of Salzburg, Jakob Haringer Str. 2, 5020 Salzburg, Austria

² University of Applied Sciences Salzburg, Markt 136a, 5431 Kuchl, Austria

camera mounted on a harvester could be utilized to capture one log end of each fresh cut log. Subsequently, the log end image is processed by the system and a log template is computed which is stored, with additional meta data, to the database. Identification of each log can be performed at each stage of the log processing chain. Images for identification in the sawmill could be captured at the sorting station, at the sawmill yard or at any conveyor belt equipped with a capturing device. Subsequently, the image is processed by the biometric system and a log template is computed which is matched to all log templates in the database. The best match specifies the identity of the log.

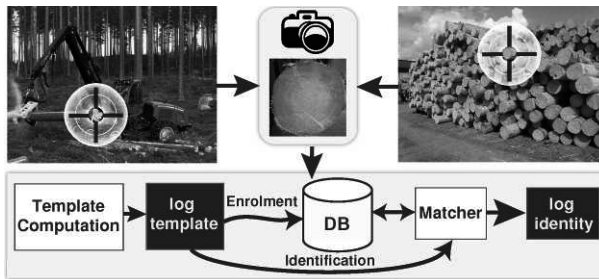


Figure.1: Exemplary enrolment and identification schemes

In our first work [SCPU14] longitudinal and temporal variances of CSs (annual ring patterns) are investigated based on 35 time-delay captured slices from a single log. For human biometrics, robustness of the utilized biometric characteristic is a basic requirement. In case of CSs robustness is related to the temporal changes caused by environmental conditions and the longitudinal variations of the CS pattern within a tree log. Temporal changes are caused by light and humidity and result in deformations like cracks and discolorations. Longitudinal variations result from log end cutting. Results show that, with an increasing time span between two images of the same CS the matching score gets worse. Longitudinal adjacent CS slices (~2.5cm) show good matching scores. An increasing longitudinal slice distance between two CS slices deteriorates the matching score.

In our second work [Sc15b] we shed light on the question if log end biometrics are suited to discriminate between a large set of tree logs. For that purpose we explored the applicability of fingerprint and iris-recognition based methods to identify 150 different tree logs. Additionally, for both methods the impact of enhancement is assessed. Results show that fingerprint and iris recognition based approaches can be transferred to the field of wood log tracking and that both are suited for log identification. In the experiments the fingerprint based approach and all iris configurations which use Log-Gabor features achieve 100% recognition rate. Furthermore, all results indicate that shape information of the CS area is required to achieve an acceptable recognition rate and that enhancement significantly improves the performance.

Based on these observations, in [SPU15] we assessed the discriminative power of geometric log end features for the same testset. Geometric features were extracted based on

groundtruth data for the CS boundaries and pith positions. Results showed that radial distances from the pith and centroid center to the CS boundary and Zernike moments (Z) show a high discriminative power. The validation of these features for automated CS boundary detection [SU14] and pith estimation [SU13] showed that Zernike moments achieve the highest reliability.

Finally, in [Sc15a] additionally to the single log used in [SCPU14] further two logs are used in the experiments. This enabled to consider CS surface variations which arise if different cutting tools are utilized for the first cut in the forest and the clearance cut in the further processing company (e.g. chain-saw and circular saw). Three different matching procedures enable to present results for annual ring pattern features, shape features and the fusion of both. Results show that feature fusion increases the robustness and that CS surface variations are not crucial for the performance. We conclude that biometric log recognition is qualified to overcome the issue of cutting log ends in the sawmill up to 7.5 centimeters in thickness, even if the second cut in the sawmill is performed with another cutting tool. Furthermore, it is shown that knots are disturbing factors but knots do not introduce any propagative effects to the annual ring pattern and the CS shape.

3 Outlook and Discussion

Our results are very promising and indicate that digital CS images are well suited for log identification in the described setting. However, sawmills usually do not have cameras installed and the accuracy of the approach is strongly influenced by acquisition conditions (sensor type, dirt, illumination etc.). The future vision is that a biometric log recognition system works in a more sensor independent manner and further processes the available sensor data to determine log quality properties (see Figure 2).

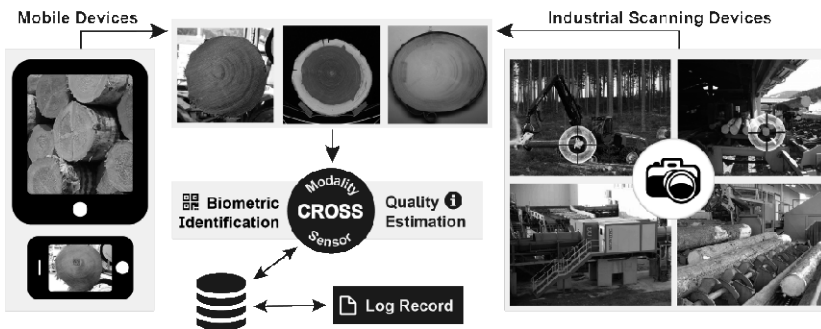


Figure.2: Cross-Sensor and Cross-Modality Log Tracking and Quality Estimation

Collecting and storing data for each single log at different stages of the log processing chain improves the correct allocation of logs, changes and leads to new processes and is thus beneficial to increase the yield.

Furthermore, it can be assumed that CT scanning will become state-of-the-art in the sawmill industry, resulting in corresponding data available at sawmills that can be potentially used for log tracking and wood quality assessment. The question if it is possible to identify tree logs based on a digital RGB log-end image captured in the forest and a second image captured by a CT scanner in the sawmill. Furthermore, the question arises how to link measurement and grading information between the forest and the further-processing companies. Consequently, future research has to deal with cross-modality and cross-sensor log tracking and quality estimation (Figure 2).

Literaturverzeichnis

- [Ba08] Barrett, W.A.: Biometrics of Cut Tree Faces. In (Sobh, Tarek, ed.): *Advances in Computer and Information Sciences and Engineering*, pp. 562–565. Springer, 2008.
- [CG03] Chiorescu, S.; Grönlund, A.: The Fingerprint approach: using data generated by a 2-axis log scanner to accomplish traceability in the sawmill’s log yard. *Forest Products Journal*, 53:78–86, 2003.
- [CG04] Chiorescu, S.; Grönlund, A.: The Fingerprint Method: Using Overbark and Underbark Log Measurement Data Generated by Three-dimensional Log Scanners in Combination with Radiofrequency Identification Tags to Achieve Traceability in the Log Yard at the Sawmill. *Scand. Journal of Forest Research*, 19(4):374–383, 2004.
- [FOG08] Flodin, J.; Oja, J.; Grönlund, A.: Fingerprint traceability of logs using the outer shape and the tracheid effect. *Forest Products Journal*, 58(4):21–27, 2008.
- [Sc15a] Schraml, Rudolf; Charwat-Pessler, Johann; Petutschnigg, Alexander; Uhl, Andreas: Towards the applicability of biometric wood log traceability using digital log end images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 119:112–122, 2015.
- [Sc15b] Schraml, R.; Hofbauer, H.; Petutschnigg, A.; Uhl, A.: Tree Log Identification Based on Digital Cross-Section Images of Log Ends Using Fingerprint and Iris Recognition Methods. In: *Proceedings of the 16th International Conference on Computer Analysis of Images and Patterns*. LNCS. Springer, pp. 752–765, 2015.
- [SCPU14] Schraml, R.; Charwat-Pessler, J.; Uhl, A.: Temporal and longitudinal variances in wood log cross-section image analysis. In: *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP’14)*. Paris, FR, October 2014.
- [SPU15] Schraml, R.; Petutschnigg, A.; Uhl, A.: Validation and Reliability of the Discriminative Power of Geometric Wood Log End Features. In: *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing (ICIP’15)*. 2015.
- [SU13] Schraml, R.; Uhl, A.: Pith Estimation on Rough Log End Images using Local Fourier Spectrum Analysis. In: *Proceedings of the 14th Conference on Computer Graphics and Imaging (CGIM’13)*. Innsbruck, AUT, February 2013.
- [SU14] Schraml, R.; Uhl, A.: Similarity based cross-section segmentation in rough log end images. *Proceedings of the 10th Artificial Intelligence Applications and Innovations Conference*. Springer, pp. 614–621, 2014.

Modeling and optimization of a no-till direct seeding machine

Galibjon Sharipov¹, Dimitris Paraforos² und Hans W. Griepentrog³

Abstract: In direct seeding systems, soil strength variability and crop residues increase the difficulty of seeding operation. Especially when trying to achieve uniform seeding depth that will result in reliable seed germination and plant emergence. An advanced improvement has been accomplished using direct seeding systems. However, some problems still exist in soil-machine interaction due to various reasons, such as high machine speeds, furrow-opener design, soil undulations, soil compaction, etc. These problems, in terms of seeding depth, occur mainly due to extreme machine dynamics and hard soil conditions. In order to assess seeding machines working quality it is necessary to identify the effect of compacted-soil undulations, soil reaction forces and high operating speed on machine dynamics. In the present paper, the vertical forces of a coulter aggregate and the surface profile were acquired to describe machine dynamics. Furthermore, the displacements of the coulter arm were also recorded to assess seeding depth variation.

Keywords: Field surface profile, soil reaction forces, vertical motion behavior of aggregate.

1 Introduction

The main goal of seeding is to put the seed at a certain distance and depth in the seedbed for maximum germination rate [KÖ04]. In direct seeding, it is more difficult to achieve a precise seeding depth due to extreme conditions such as compacted soil, undulations, stubble residues, higher operation speeds, etc. Therefore, significant improvements in germination and emergence in direct seeding could be achieved by controlling seeding depth, regulating compacted surface undulation impacts, and optimizing the machine dynamics. The machine dynamics, in terms of vertical motion behavior of the machine relative to soil surface, specify the seeding depth, since the dynamic response of the system is highly affected by draft and vertical forces, and operation speed [Mo88]. In addition, soil profile variations and soil resistance that is affected by soil physical properties, can be described by soil reaction forces on the furrow opener, which in turn, influence the mean seeding depth across the seeder width [Fo13]. Even when the seeding depth is manually fixed, it is difficult to keep a precise depth during field operation, as the demand for operational efficiency is maximized with higher driving speeds [PO15]. The recommended driving speed for seeding machines from many manufacturer is 8-10 km/h, but the relatively higher traveling speed shows that the mechanical system, in terms of coulter aggregate, is not able to behave as proposed and follow the fine contour

¹ Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart, Galibjon.Sharipov@uni-hohenheim.de, ² d.paraforos@uni-hohenheim.de, ³ hwgriepentrog@uni-hohenheim.de.

of the field. As a result, the seeding depth varies along the driving line [SO15].

A project was set up with the aim to optimize a no-till seeder, in terms of vertical motion stability, for better seeding depth and weight reduction under realistic high capacity performances. The principles were based on measuring machine dynamics and soil condition parameters, i.e. accelerations, displacements, forces, and surface profiles. One of the main objectives was to perform experimental tests on the machine with various traveling speeds and under rough soil condition. To perform simulations, the soil reaction forces and surface profile were measured on a single aggregate of the seeder. The current status of the seeder, based on vertical motion behavior of its single aggregate, was assessed. The present paper focuses on the instrumentation and measurement methodology for gaining the desired input parameters for later simulation modelling. Some preliminary results regarding the measured surface profiles and the developed vertical forces are also presented.

2 Materials and Methods

In Fig.1 the concept of the project is presented. The first stage includes experiments on the seeder under different traveling speeds in order to obtain forces, vertical accelerations and displacements on both seeder main frame and single aggregate. A combination of surface data with soil profile impact forces and coulter vertical forces can be used as an input to simulate the aggregate vertical motion behavior with the aim to output the same accelerations and displacements as the measured ones.

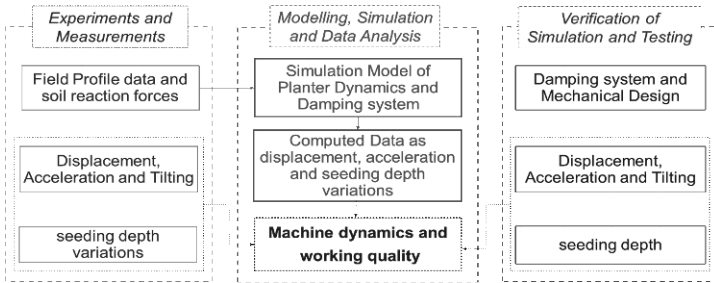


Fig.1: Project concept with the interactions between field experiments and simulations.

An Amazone direct seeder and a 176kW tractor (John Deere 6210R) were used for the field experiment. To measure the vertical and surface profile impact forces, a number of linear 350 Ohm DY41-1.5 - Strain Gauges with two Parallel Measuring Grids (HBM GmbH, Darmstadt, Germany) were attached at three points on one coulter aggregate of the seeder (Fig. 2). In addition, two VN 100 inertial measurement units (IMUs) (Vector-Nav, Dallas, USA) were utilized; one on the aggregate and another one on the main frame of the seeder. An AgGPS 542 RTK-GNSS (Trimble, Sunnyvale, USA) attached on the main frame provided georeference of the acquired data. The CatmanEasy AP

software and QuantumX-MX840B (HBM GmbH, Darmstadt, Germany) data acquisition system, utilizing three channel in a full bridge configuration for every channel, were used for data storing and recording with a 300 Hz sample rate.

To measure the field surface profiles [PG14], a sensor system was developed that carried all the needed sensors (Fig.2). This construction utilized a metal frame which was mounted on the main frame of the seeder. A DT50 laser range finder (SICK AG, Waldkirch, Germany) was used to measure the coulter wheel displacement from a plate that was fixed to the coulter. An SCS930 total station (Trimble, Sunnyvale, USA) provided the in-field absolute position of the seeder by tracking a prism placed on the developed sensor-frame.

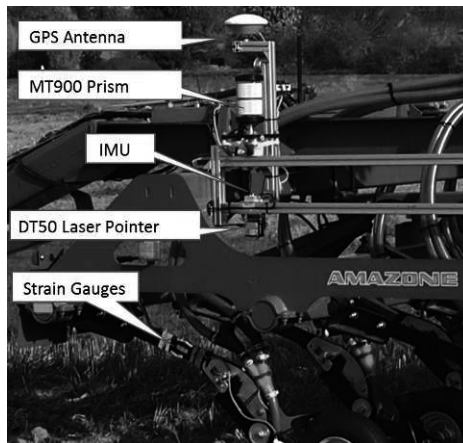


Fig.2 : The developed sensor-frame for measuring machine dynamics.

In the field experiments, vertical and surface profile impact forces, displacement and accelerations were acquired with different traveling speeds under stubble field condition. The 62 Hz sampling rate of the laser pointer allowed to measure the surface elevation every 44 mm and 67 mm with a speed of 10 km/h and 15 km/h, respectively. Furthermore, the 300 Hz sample rate of the strain gauges data allowed to calculate the vertical forces and the surface impact every 9 mm and 13 mm for 10km/h and 15 km/h, respectively. Data acquisition from all sensors was conducted with a time-stamp for data synchronization during post-processing.

3 Results and Discussion

In Fig.3 the surface profiles in driven distance and the corresponding vertical forces on the tine of the coulter aggregate with speeds of 10 km/h and 15 km/h, are presented. It can be easily noticed that the vertical forces are following the same pattern of the surface profile. Further analysis should include the consideration of the vertical forces and the

traveling speed.

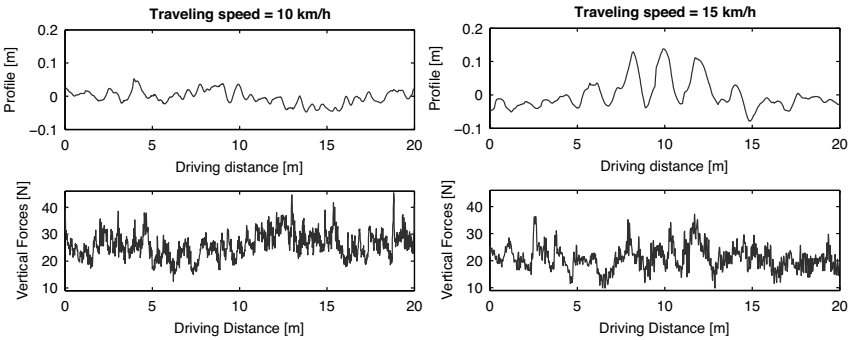


Fig. 3: Surface profiles and the corresponding vertical forces having a speed of (left) 10 km/h and (right) 15 km/h.

4 Conclusion

For assessing the current status of the seeder, a sensor-frame was developed to measure field surface profiles utilizing a laser pointer and a total station. Three full-bridge strain gauges were attached on a coulter aggregate to measure the corresponding vertical forces. Accelerations on the aggregate and the main frame of the seeder were acquired. Preliminary data analysis revealed the connection between the surface profiles and the vertical forces on the coulter aggregate. For optimization purposes, further analysis, in terms of the vertical motion frequency range of the aggregate related to surface profile and soil reaction forces, will be carried out. Measured seeding depth will be assessed in terms of the corresponding surface profile and vertical motion of the aggregate.

Automatische Detektion von Trockenstress bei Tabakpflanzen mittels Machine-Learning-Verfahren

Michael Siebers¹, Franz Uhrmann², Oliver Scholz², Christoph Stocker und Ute Schmid¹

Abstract: Dieser Beitrag befasst sich mit der Klassifikation der Vitalität von Pflanzen durch Machine-Learning-Verfahren am Beispiel von Trockenstress bei Tabak (*Nicotiana tabacum*). Wir zeigen, dass Machine-Learning-Verfahren die menschliche Unterscheidung von gesunden und gestressten Pflanzen durch einen Experten nachbilden können und zudem, dass eine frühzeitige Erkennung von Pflanzenstress möglich ist, indem eine dritte Klasse für mäßig gestresste Pflanzen eingeführt wird. Zur Klassifikation werden Entscheidungsbaumverfahren, Support Vector Machine, künstliche Neuronale Netze und Lineare Regression verglichen. Im Beitrag wird schwerpunktmäßig die Auswahl der Merkmale beschrieben, die für eine zuverlässige Klassifikation notwendig sind. Da die Experteneinschätzung weniger auf Einzelkriterien als vielmehr auf dem Gesamteindruck des Pflanzenphänotyps basiert, stellt sich die Frage, welche relevanten Merkmale ein automatisches Diagnose-System berücksichtigen muss. Es hat sich herausgestellt, dass neben blattspezifischen Merkmalen auch Merkmale, die sich auf die Gesamtpflanze beziehen, für die Klassifikation relevant sind.

Keywords: Phänotypisierung, Trockenstress, Machine-Learning, Klassifikation, Merkmale

1 Einleitung

Beim „Molecular Farming“ werden Pflanzen zur Produktion von pharmazeutischen Stoffen in modernen Gewächshäusern unter kontrollierten Umgebungsparametern wie Temperatur, Wasserzufuhr oder Beleuchtung aufgezogen. Für eine vollautomatische Regelung des Gewächshaussystems fehlt jedoch bislang die Rückkopplung der Pflanzenvitalität: Beispielsweise ist die automatische Detektion von Pflanzenstress erforderlich, um die Umgebungsparameter entsprechend anzupassen oder betroffene Pflanzen aus dem System zu entfernen. Daher untersuchen wir, welches Machine-Learning-Verfahren geeignet ist, das Stresslevel von Pflanzen zu bestimmen und welche Merkmale hierfür erfasst werden müssen. Diese Arbeit basiert auf der Masterarbeit von Herrn Stocker [St13a]. Erste Ergebnisse wurden in [St13b] veröffentlicht.

Im folgenden Kapitel wird das Vorgehen zur Klassifikation der Pflanzenvitalität vorgestellt. In Kapitel 3 präsentieren wir eine Studie zur Evaluation unseres Vorgehens und Merkmale die zu einer hohen Klassifikationsgüte führen. Die Arbeit schließt mit

¹ Otto-Friedrich Universität Bamberg, Professur für Angewandte Informatik, insbes. Kognitive Systeme, An der Weberei 5, 96047 Bamberg, {vorname.nachname}@uni-bamberg.de

² Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Abt. Berührungslose Mess- und Prüfsysteme (BMP), Flugplatzstr. 75, 90768 Fürth, {vorname.nachname}@iis.fraunhofer.de

einem kurzen Ausblick auf offene Forschungsfragen.

2 Vorgehen

In dieser Arbeit werden verschiedene Machine-Learning-Verfahren miteinander verglichen: C4.5 zum Lernen von Entscheidungsbäumen, Backpropagation zum Lernen Neuronaler Netze, Klassifikation durch lineare Regression und Support Vector Machines (SVM). Alle vier Verfahren ordnen einer Pflanze, repräsentiert als Vektor von Merkmalen, eine Klasse, z.B. *gestresst* zu. Die konkreten Zuordnungsfunktionen werden anhand von vorklassifizierten Pflanzen gelernt. Eine detaillierte Beschreibung der Lernverfahren bieten [Mi97] und [HK05].

Evaluert werden die Lernverfahren anhand der Accuracy, also dem Prozentsatz korrekter Klassifikationen innerhalb eines Testdatensatzes. Um eine aussagekräftige Evaluation zu bekommen wurde eine 3-fold Cross-Validation durchgeführt. Hierbei werden alle vorhandenen Daten in drei gleich große Teile aufgeteilt. Anschließend wird drei Mal aus zwei Teilen gelernt und auf einem Teil evaluiert. Dabei wird jeder Teil genau einmal zur Evaluation herangezogen. Im folgenden Abschnitt wird berichtet, welche Merkmale erfasst wurden und wie diese gemessen wurden. Um die gelernten Zuordnungsfunktionen möglichst einfach zu halten, wurde nur ein Teil der erfassten Merkmale zur Klassifikation verwendet. Das Verfahren zur Auswahl der Merkmale wird nach dem Abschnitt zu deren Erfassung vorgestellt.

2.1 Merkmalerfassung

.Die Erhebung der Merkmale ist ein dreistufiger Prozess. Zuerst wird die Pflanze vermessen. Anschließend werden die einzelnen Blätter der Pflanze als 3D-Modell rekonstruiert. Schließlich werden die Blattwerte auf Pflanzenebene aggregiert. Zur Vermessung der Pflanze wird das Lichtschnitt-Verfahren eingesetzt. In diesem Verfahren wird Laser-Licht auf die Pflanze projiziert und dessen Reflexion mit mehreren Kameras aufgenommen. Während der Messung wird die Pflanze um 360 Grad gedreht und die Reflexionspunkte verfolgt. Hierdurch erhält man eine 3D-Punktwolke, welche die Oberfläche der Pflanze darstellt.

Anschließend wird die Punktwolke mittels eines Clusteringverfahrens aufgeteilt, so dass jedes Cluster einem Blatt der Pflanze entspricht. Auf die Punktwolke jedes Blattes wird ein parametrisches Modell eines Blattes angepasst [Uh13], wobei jeder Modellparameter einer geometrischen Eigenschaft des Blattes entspricht, z.B. dessen Länge. Die Rundung und Welligkeit des Blattes werden durch die durchschnittliche Krümmung des Verlauf der Mittelrippe und des Blattrandes und deren Standardabweichungen repräsentiert. Zusätzlich zu den statischen Merkmalen jedes Blattes werden auch die Differenzen der Merkmale zur vorgehenden Messung erhoben.

Auf Pflanzenebene wird die Gesamtheit der Blätter durch die Mittelwerte der einzelnen Blattmerkmale repräsentiert. Zusätzlich wurden das Alter der Pflanze, die Gesamthöhe der Pflanze und die Gesamtfläche der Blätter in den Datensatz aufgenommen. Somit wird jede Pflanze durch insgesamt 28 Merkmale dargestellt.

2.2 Merkmalsselektion

Zur Auswahl von zur Klassifikation geeigneten Merkmalen wurde das *Forward Selection* Verfahren angewandt. Initial nimmt das Verfahren an, dass keine Merkmale zur Klassifikation benötigt werden. Anschließend werden sukzessive weitere Merkmale der Auswahl hinzugefügt. Hierbei wird das nächste Attribut so gewählt, dass hierdurch die Klassifikationsgüte maximal steigt. Sollte kein weiteres Merkmal die Klassifikationsgüte erhöhen endet der Algorithmus.

3 Untersuchung

Um das vorgeschlagene Verfahren zu testen, wurden 50 Tabakpflanzen in unterschiedlichen Stresstadien gemessen. Die Pflanzen wurden hydroponisch in Steinwolleblöcken gezogen und in einem Phytotron kultiviert. Die Pflanzen wurden in 10er Gruppen im Abstand von jeweils einer Woche angesät. Zum Zeitpunkt der Messungen waren die Pflanzen zwischen drei und zehn Wochen alt.

Jede Pflanze wurde zweimal täglich mittels des Lichtschnitt-Verfahrens vermessen. Bei der initialen Messung waren alle Pflanzen ausreichend mit Wasser versorgt. Anschließend wurden zwei Pflanzen je Altersgruppe von der Wasserversorgung getrennt. Nach jeweils drei weiteren Messungen wurden weitere zwei Pflanzen je Altersgruppe von der Wasserversorgung abgeschnitten.

Die Bewertung der Pflanzenvitalität erfolgte durch einen Biologen anhand von Bildern die während der Messung der Pflanze gemacht wurden. Die Pflanzen wurden in die Kategorien *ungestresst*, *mäßig gestresst* und *gestresst* eingeteilt. Um die Objektivität der Bewertung zu gewährleisten wurden die Bilder in zufälliger Reihenfolge und ohne Information zur Bewässerung präsentiert.

Für eine erste Auswertung wurden lediglich *ungestresste* und *gestresste* Pflanzen betrachtet. Alle vier Lernverfahren erreichten Genauigkeiten von über 90% (Tabelle 1). Die lineare Regression schnitt mit 99,85% am besten ab. Diese Klassifikationsgüte konnte mit lediglich 6 Attributen erreicht werden: Alter der Pflanze, Standardabweichung der Welligkeit, Mittlerer Abstand zwischen Modell und Punktwolke, Durchschnittliche und Gesamte Blattfläche, Neigung des Blattes Richtung Boden und dem Rotationswinkel der rechten Blattseite um die Mittelachse des Blattes.

Als zweiten Auswertungsschritt sollten nun auch mäßig gestresste Pflanzen klassifiziert

	C4.5	Lineare Regression	Neuronales Netz	SVM
binär	92,17%	99,85%	96,98%	97,90%
tertiär	75,59%	76,61%	73,68%	80,29%

Tab. 1: Accuracy für binäre Klassifikation (*ungestresst/gestresst*) und tertiäre Klassifikation (*ungestresst/mäßig gestresst/gestresst*)

werden. Die erhöhte Schwierigkeit dieser Aufgabe zeigt sich auch in der Güte der Klassifikation. Die Accuracy sank auf ca. 75%, lediglich die SVM konnte eine Accuracy von gut 80% erreichen (Tabelle 1). Für diese Aufgabe genügten der SVM 5 Attribute: Standardabweichung der Welligkeit, Durchschnittlicher Höhenunterschied zwischen Blattrand und Mittelrippe, Neigung des Blattes Richtung Boden (statisch und Differenz zur vorherigen Messung) und Seitenverhältnis des Blattes.

Die Krümmung und die Welligkeit der Blätter scheinen wichtige Indikatoren für den Trockenstress von Tabakpflanzen zu sein. Für beinahe jedes Lernverfahren wurde eines der entsprechenden Merkmale für die finale Klassifikation gewählt.

4 Diskussion und Ausblick

Wir haben ein Verfahren vorgestellt, das es erlaubt, das Stresslevel einer Tabakpflanze zu klassifizieren. Hierbei wurde eine Genauigkeit von fast 100% erreicht, wenn lediglich *gestresste* von *ungestressten* Pflanzen unterschieden werden sollten. Bei Hinzunahme von *mäßig gestressten* Pflanzen sinkt die Genauigkeit auf ca. 80%.

Jede Pflanze wurde durch globale Pflanzenmerkmale und Merkmale ihrer Blätter repräsentiert. Hierbei wurde der Durchschnitt der Blattmerkmale erhoben. Ein weiterführender Ansatz ist, jedes Blatt einzeln zu betrachten und die Aggregation erst nach der Klassifikation vorzunehmen. Ein weiterer Forschungsaspekt ist die Rückmeldung der Zuordnungsfunktionen an Domainexperten. Dies ermöglicht eine genauere Auseinandersetzung mit den gewählten Merkmalen und erlaubt die Zuordnungen mittels Expertenwissen anzupassen.

Literaturverzeichnis

- [HK05] Han, J.; Kamber, M.: Data mining: concepts and techniques. Kaufmann, San Francisco, 2005.
- [Mi97] Mitchell, T.: Machine Learning. McGraw-Hill International Editions, 1997.
- [St13a] Stocker, C.: A model-based prediction of plant growth: Drought stress level classification of tobacco plants. Masterarbeit, Universität Bamberg, 2013.

Schädlingsmonitoring des Traubenwicklers durch Auswertung einer Motten-Eiablage-Karte mittels Smartphone-Anwendung

Dennis Sprute¹, Anna Greif², Jürgen Gross³, Christoph Hoffmann², Margit Rid³ und Matthias König¹

Abstract: Zum Schädlingsmonitoring des Traubenwicklers dienen Motten-Eiablage-Karten, auf denen die Weibchen ihre Eier ablegen. Diese Karten wurden bisher manuell durch Begutachtung ausgewertet. Dieser Beitrag beschreibt ein neues automatisiertes Auswertungsverfahren der Karten mit Hilfe einer Smartphone-App. Sie benutzt die integrierte Kamera zur bildbasierten Zählung der Eier und den GPS-Empfänger zur Bestimmung des aktuellen Aufnahmeortes. Die gewonnenen Daten (Zeit, Standort und Eieranzahl) können dazu genutzt werden, den Schädling effektiv zu überwachen, und sie bieten Entscheidungshilfen für den gezielten Einsatz von Insektiziden.

Keywords: Schädlingsmonitoring, Traubenwickler, Bildverarbeitung, Smartphone-Anwendung

1 Einleitung und Stand der Technik

Der Einbindige Traubenwickler (*Eupoecilia ambiguella*) und der Bekreuzte Traubenwickler (*Lobesia botrana*) sind ernstzunehmende Schädlinge in europäischen Weingütern. Insbesondere deren Larven der zweiten Generation können die Trauben schädigen und Bakterien und Pilze übertragen, wie Grauschimmelfäule (*Botrytis cinerea*), und somit zu massiven ökonomischen Schäden führen.

Zum effektiven Schädlingsmonitoring der Traubenwickler dient daher eine Motten-Eiablage-Karte (M-OVICARD) [Ri15], welche die Weibchen des Traubenwicklers für die Eiablage anlockt. Die Überwachung des zeitlichen Verlaufs und der Anzahl abgelegter Eier auf der Karte erlaubt eine optimale Schädlingsbekämpfung und eine Verringerung des Insektizideinsatzes in Weingütern.

Um die manuelle Inspektion der Karten zu vereinfachen, wird eine Smartphone-Anwendung zur bildbasierten Auswertung der Tafeln entwickelt. Mit der Smartphone-Anwendung kann ein Bild einer Karte mit entsprechenden Standortdaten aufgenommen werden. Ein aufgenommenes Bild wird automatisch mittels Bildverarbeitungsverfahren ausgewertet, um die Anzahl der auf der Karte abgelegten Eier zu bestimmen. Die erhobenen Daten (Zeit, Standort, Eieranzahl) werden in einer Datenbank abgelegt und dienen der weiteren Analyse zur Schädlingsüberwachung.

¹ FH Bielefeld, Campus Minden, Artilleriestr. 9, 32427 Minden, vorname.nachname@fh-bielefeld.de

² Julius Kühn-Institut, Geilweiler Hof, 76833 Siebeldingen, vorname.nachname@jki.bund.de

³ Julius Kühn-Institut, Schwabenheimer Str. 101, 69221 Dossenheim, vorname.nachname@jki.bund.de

2 Monitoringsystem

Die Abbildung 1 zeigt den generellen Aufbau des Bildverarbeitungsverfahrens, das aus einem Eingabebild mit einer Karte die Anzahl der Traubenwicklereier auf der Karte bestimmt. Die Karte hat eine Größe von 9.9 cm x 5.5 cm und ist grün (s. Abb. 2). Ein Traubenwicklerei hat eine Größe von max. 1 mm², ist kreisförmig und besitzt eine helle Farbe. Neben den Eiern kann sich auf den Karten auch Schmutz befinden, der vom Algorithmus als dieser erkannt und beim Zählen ignoriert wird.

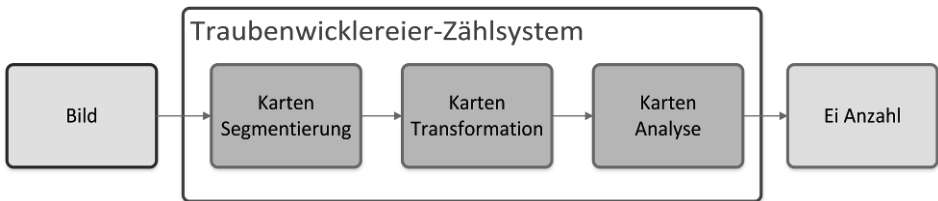


Abb.1: Aufbau des Bildverarbeitungsverfahrens

Im ersten Schritt des Verfahrens wird die Karte vom Hintergrund des Bildes getrennt, um nur Objekte auf der Karte zu betrachten. Dies geschieht durch die Segmentierung der Farbe *Grün* im HSV-Farbraum und die Bestimmung des Seitenverhältnisses des größten auftretenden Objekts. Dieses muss mit dem Seitenverhältnis einer Motten-Eiablage-Karte übereinstimmen. Die Karte wird daraufhin mittels einer affinen Transformation aus dem aktuellen Bild „herausgeschnitten“ und entsprechend rotiert.

Um die Anzahl der Eier auf der Karte zu bestimmen, werden im nächsten Schritt die Eier von der Karte mittels eines adaptiven Schwellwertes auf dem *Rot*-Kanal des RGB-Bildes getrennt. Hierbei wird der Schwellwert $T(x, y)$ für jeden Pixel individuell anhand seiner N Nachbarpixel berechnet, um robust gegenüber unterschiedlichen Lichtverhältnissen auf der Karte zu sein:

$$T(x,y) = \frac{1}{N} \sum_{u,v \in N} image(x+u,y+v) - C \quad (1)$$

Die Konstante C ist so gewählt, dass nur Pixel mit einem signifikant höheren Wert als der Mittelwert in der Nachbarschaft segmentiert werden. Dadurch werden u.a. die hellen Eier segmentiert. Zur Verbesserung des Segmentierungsergebnisses wird im Anschluss ein morphologisches Opening mit einem kreisförmigen Strukturelement durchgeführt, um Rauschen zu entfernen. Die Objekte werden anschließend durch Merkmale beschrieben, damit Eier von anderen Objekten, wie beispielsweise Schmutz, unterschieden werden können. Als Merkmale werden die Größe, die Kreisähnlichkeit sowie indirekt die Farbe der Objekte herangezogen. Objekte, die Eigenschaften von Eiern besitzen, werden als diese klassifiziert und entsprechend gezählt.

Dieses Bildverarbeitungsverfahren ist als Android-App implementiert und bestimmt automatisch die Anzahl der Traubenwicklereier auf einer Karte. Zusätzlich hat der Benutzer die Möglichkeit, die Anzahl der Eier im Falle von Ungenauigkeiten zu korrigieren. Der Aufnahmezeitpunkt, der Aufnahmeort sowie die Anzahl der Eier werden zu Monitoringzwecken persistent gespeichert.

3 Evaluierung

Zur Evaluierung des Bildverarbeitungsverfahrens wurde der Algorithmus auf einem LG Nexus 4 mit einer maximalen Bildauflösung von 8 MP implementiert. 12 Karten mit durchschnittlich 30 Eiern dienten als Ausgangsbilder für die Evaluierung. Die Bilder entstanden im Büro bei konstanter Beleuchtung, nachdem die Karten eine Woche in einem Käfig mit Traubenwicklern auslagen.

Zur Bewertung der Ergebnisse des Verfahrens werden zwei Maße verwendet. Der *Recall* gibt an, wie hoch der Anteil der richtigen Positiv-Klassifikationen (TP) an der Anzahl der tatsächlichen positiven Beobachtungen ($TP + FN$) ist, wobei FN für die Anzahl der fälschlicherweise Negativ-Klassifikationen steht. Formel 2 definiert den Recall:

$$Recall = TP / (TP + FN) \quad (2)$$

Die *Precision* ist ein Maß für die Genauigkeit des Verfahrens und ist als der Quotient aus der Anzahl der richtigen Positiv-Klassifikationen (TP) und der Anzahl positiven Klassifikationen ($TP + FP$) definiert. FP steht für die Anzahl falscher Positiv-Klassifikationen. Formel 3 definiert die Precision:

$$Precision = TP / (TP + FP) \quad (3)$$

Von insgesamt 360 Eiern wurden während der Auswertung 293 Eier richtig erkannt, was einem Recall von 81,4% entspricht. 44 Objekte wurden zusätzlich fälschlicherweise positiv klassifiziert, was zu einer Precision von 86,9% führt.

Die Abbildung 2 zeigt ein exemplarisches Ergebnis einer Karte. Runde Formen um Objekte bedeuten, dass der Algorithmus das Objekt richtig als Ei klassifiziert hat. Diese werden dem Anwender zusätzlich zur Anzahl der Eier angezeigt. Die Dreiecke sind Fehlklassifikationen, wobei gleichseitige Dreiecke für falsche Positiv-Klassifikationen und rechtwinklige Dreiecke für falsche Negativ-Klassifikationen stehen. Im konkreten Fall werden von den 36 Eiern auf der Karte 3 nicht erkannt. Des Weiteren wird ein Objekt fälschlicherweise positiv klassifiziert (rechtwinkliges Dreieck).

Fehlklassifikationen entstehen beispielsweise durch ein unscharfes Bild oder Schmutz, der Eiern sehr stark ähnelt.



Abb. 2: Beispielergebnis

4 Fazit und Ausblick

Das entwickelte System ermöglicht die vereinfachte Auswertung von Motten-Eiablage-Karten zu Monitoringzwecken. Anstelle einer Auswertung durch Begutachtung eines Experten wie bisher, wird ein Smartphone mit integrierter Kamera benötigt, um Bilder der Karten zu machen. Die eigentliche Zählung der Eier auf der Karte ist vollständig auf dem Smartphone implementiert und liefert ein Bild der Karte mit eingezeichneten Eiern. Durch zusätzliche Erfassung des Aufnahmeortes durch GPS-Lokalisierung bietet das System eine präzise und komfortable Möglichkeit des Traubenwicklermonitorings.

Mit einem Recall von 81,4% und einer Precision von 86,9% liefert das Bildverarbeitungsverfahren gute Ergebnisse. Die Hauptursachen für Fehlklassifikationen sind Ei-ähnlicher Schmutz und der Fokusmodus der Kamera. So sind einzelne Eier auf einem Bild nicht sichtbar und können auch von einem Experten nicht identifiziert werden. Ungenauigkeiten können durch minimalen Aufwand durch den Benutzer der Anwendung korrigiert werden.

Zurzeit werden die Karten mit den Eiern in einem Innenraum mit konstanten Lichtverhältnissen fotografiert und ausgewertet. In einem nächsten Schritt soll das System in einem Feldversuch getestet werden, sodass die Auswertung der Karten direkt im Freien stattfindet. Hierbei liegt ein zusätzliches Augenmerk auf der Robustheit gegenüber schwankenden Lichtverhältnissen.

Literaturverzeichnis

- [Ri15] Rid, M.; Greif, A.; Hoffmann, C.; Gross, J.: M-OVICARD: Analyzing chemical cues for grapevine moth oviposition for the development of a Decision Support System. In (Schmitt, T., Blank, S.M., Köhler, A., Kramp, K., Weyer, J., Hrsg.): Entomologentagung: Programm u. Abstracts; 02.–05.03.2015 Frankfurt/M., S.93, 2015

Towards a flexible hybrid planner for machine coordination in arable farming

Sebastian Stock^{1,2}, Kai Lingemann¹, Stefan Stiene¹ und Joachim Hertzberg^{1,2}

Abstract: In this paper we propose a new approach to coordinate multiple machines in the grain harvesting process, based on meta-constraint reasoning. This way we obtain more flexible plans that can be adapted at execution time. As an example scenario we focus on silage maize harvesting. We argue that more sophisticated flexible planning mechanisms are needed in order to obtain flexible plans that can be adapted at runtime to changing parameters such as yield per area.

Keywords: Automated Planning, Autonomous Harvesting, Hybrid Reasoning.

1 Introduction

Robotics and artificial intelligence technologies are gaining importance in agricultural processes. One major example is the automation of the grain harvesting process with multiple cooperating machines. While at least one combine harvester is harvesting the field, unloading vehicles have to take over the crop and transfer it to a dedicated deposit point. To optimize the harvesting process, a planning system has to coordinate the machines by generating appropriate plans consisting of paths for the available machines. The resulting plans can be provided to the drivers of the machines via an assistance system or even be executed fully autonomously.

The planning system needs to take several interconnected requirements into account. For example, unloading vehicles must not drive on unharvested areas of the field, the machines' maximum capacity must never be exceeded, and valid solutions need to include the paths of the unloading vehicle to and from the deposit point. In general, the plans have to be feasible with respect to temporal, spatial, kinematic and resource requirements, which vary, depending on the specific types of harvesting process. For example, combine harvesters for wheat have a bunker, whereas maize harvesters most often do not, and therefore constantly require an unloading vehicle driving next to it.

Current approaches use domain specific planners that make simplifying assumptions or integrate the requirements of specific machine types into their internal representations. [Sc13] describes an approach for wheat harvesting that employs a graph-based representation of the field and generates feasible routes for the machines with A* search. A simi-

¹ DFKI, RIC, Osnabrück Branch, Albert-Einstein-Straße 1, 49076 Osnabrück, <forename>.<surename>@dfki.de

² Osnabrück University, Institute of Computer Science, Albrechtstraße 28, 49076 Osnabrück

lar approach for beet harvesting is presented in [U116]. These kind of planners makes assumptions about the specific types of machines that are used, e.g., that the combine harvester always unloads to the left side. These assumptions are modeled intrinsically in the planner's internal graph representation. Therefore the planner would need to be changed for machines by other manufacturers that unload to the right side.

Another important aspect of the problem is the flexibility of the resulting plans. In real world applications planning cannot be seen as a one-step process. For example, the actual yield on a given area of the field generally differs from the amount expected at the time of plan generation.

A general planner for harvesting problems therefore needs to be flexible in two ways. First, it should employ a more general representation and reasoning mechanism to integrate different requirements rather than hard-wiring these requirements into the search heuristic. Second, it should generate flexible plans to be adapted at execution time. Because of these requirements, meta-constraint reasoning is well-suited for the harvesting scenario. In this paper we focus on generating flexible plans for a specific domain: silage maize harvesting. The next step will be to show how the planning system applies to other planning problems with significantly different constraints, too.

In the given scenario, the planning system has to coordinate at least one maize harvester and multiple unloading vehicles to harvest a field. The planner is given the outer field border, a reference line(s) indicating the furrows, and information about the available machines. A resulting plan has to consist of paths for each machine. These paths contain temporal and spatial information indicating the machines' poses at different times.

2 Hybrid planning

Hybrid planning, i.e., the integration of various forms of knowledge into the planning process, is an active research topic in artificial intelligence and robotics. Among the approaches developed in that field, meta-constraint reasoning [MP14] is becoming prominent. It is based on principles of constraint-reasoning and represents the planning problem as a constraint satisfaction problem (CSP) [De03]. Meta-constraint reasoning provides an elegant mechanism to reason about different forms of knowledge by combining various specialized constraint networks. For example, the temporal and spatial aspects of a problem can be represented and reasoned upon in dedicated low level temporal and spatial constraint networks, and combined in a common constraint network. Furthermore, additional requirements can be imposed on the common constraint network, so-called *meta-constraints*. An example for such a meta-constraint is resource feasibility, as described in [COS02]. This way we obtain a *meta-CSP*, i.e., a constraint satisfaction problem at a higher abstraction level.

Planning is done by identifying conflicts of the high-level requirements and resolving them by posting additional constraints in the low level. After adding new constraints,

consistency in the specialized low level constraint networks is checked and all high-level requirements are re-checked. This way the solution gets more restricted incrementally. If a conflict cannot be resolved, the planner backtracks. For details see [MP14]. The approach has been applied to other domains such as drill planning in pit mines [MAP15].

In the work reported here, we modify and extend the work by [Sc13] by replacing its graph-based infield machine coordination planner with a new planner that is based on meta-constraint reasoning. For a field with a given outer border, first the inner field border is generated by shifting the outer border by a given headland width. In a second step, harvesting tracks are created by shifting a reference line throughout the inner field by the harvester's working width. This set of tracks is the input for our planning system. Details of these geometric preprocessing steps can be found at [Sc14].

The overall coordination problem is divided into several sub-problems, which are strongly interconnected; thus they cannot be solved independently. Instead, the solution of the overall problem is searched in the joint search space of these sub-problems by employing the meta-CSP approach. The sub-problems are represented as high-level requirements, i.e., meta-constraints in a common constraint network. This constraint network consists of variables with temporal, spatial and symbolic parts. These variables are used to represent the tracks and additional areas as well as activities of the different machines. Temporal variables are defined as flexible temporal intervals $I = [I_s, I_e]$, with intervals $I_s = [l_s, u_s]$ and $I_e = [l_e, u_e]$, where $l_{s/e}, u_{s/e} \in \mathbb{N}$, denoting lower and upper bounds for start and end times. The spatial part consists of points, line strings or polygons.

For silage maize harvesting we identified different sub-problems. The *track strategy sub-problem* decides in which order the tracks will be harvested and connects their temporal variables. To this end, it also creates new variables representing an estimation of the areas which the harvester will occupy while driving from one track to another. The tracks and turn areas are connected with temporal constraints. This way we maintain the time intervals in which the tracks will be harvested.

The *overload coverage sub-problem* ensures that an unloading vehicle is driving next to the harvester at any time. It creates unloading activities that are assigned to vehicles and connects these activities with temporal constraints. Moreover, it adds constraints making sure that an unloading activity respects a minimum and maximum capacity. This is based on a yield map that estimates the amount of crop that is harvested on parts of the field.

These two meta-constraints can be used to generate a basic feasible plan that respects the unloading vehicles' capacities based on the yield map. The information given by the spatial and temporal variables is already sufficient to coordinate the machines: the end times of the unload activities provide intervals in which the vehicle's capacity will be exceeded and another overloading vehicle must take over. If no further requirements are given, this flexible (interval based) plan suffices as a general plan, which will then be instantiated with fixed times and adapted during plan execution. These expansions require solving the *resource sub-problem*. The corresponding meta-constraint constantly assures that an unloading vehicle's maximum capacity is not exceeded, based on the

yield map and the common constraint network.

The solution can be further refined with additional meta-constraints that we plan to include as future work. The distances of the unloading vehicles' paths to and from their deposit points should be estimated and maintained by temporal constraints. Furthermore, the machines' paths could be refined by a motion planner, as done in [Sc13].

3 Summary and outlook

In this paper we proposed to apply meta-constraint reasoning for the coordination of multiple machines in maize harvesting. The resulting planner employs a hybrid constraint-based representation on which multiple high-level reasoners can operate. This way flexible plans can be obtained that can be refined at execution time. Furthermore, the modularity of the planning approach allows to adapt or add high-level requirements. This work has been done within the project SOILAssist³. In this scope we will incorporate the minimization of soil compaction risks as an additional optimization criterion in the future. Next, the planning system needs to be tested on real machines. Furthermore, we shall adapt the planner to wheat harvesting, as demonstrated by [Sc13, Sc14].

References

- [COS02] Cesta, A.; Oddi, A., Smith, S. F.: A Constraint-based Method for Project Scheduling with Time Windows. In *Journal of Heuristics*. 8(1):109-136, 2002.
- [De03] Dechter, R.: *Constraint Processing*, Morgan Kaufmann, 2003.
- [MP14] Mansouri, M.; Pecora, F.: More knowledge on the table: Planning with space time and resources for robots. In *Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation (ICRA)*, pp. 647-654, 2014.
- [MAP15] Mansouri, M.; Andreasson, H.; Pecora, F.: Hybrid Reasoning for multi-robot drill planning in open-pit mines. In *IROS 2015 Workshop on On-line decision-making in multi-robot coordination*, 2015
- [Sc13] Scheuren, S.; et al.: Spatio-temporally Constrained Planning for Cooperative Vehicles in a Harvesting Scenario. In *KI – Künstliche Intelligenz*, 27(4):341-346, 2013.
- [Sc14] Scheuren, S.: *Prozessoptimierte Planung für kooperative mobile Roboter*. Dissertation, Universität Osnabrück, 2014.
- [UI16] Ullrich, A; et al.: Development of a Framework for Navigation Planning in Agricultural Field Processing Using the Beet Harvest as an Example. In *Proc. GIL 2016 (this volume)*, 2016.

³ SOILAssist is funded by BMBF, Grant Number 031A563B. The funding is gratefully acknowledged.

Erfassung tierwohlspezifischer Parameter in der Putenhaltung zur Optimierung des betrieblichen Controllings

Hanna Strüve¹ und Guido Recke¹

Abstract: In der Putenhaltung werden Indikatoren zur Beurteilung des Tierwohls herangezogen. Die sensorische und manuelle Erfassung von Daten aus dem Stall kann bei Analyse tierwohlrelevanter Indikatoren zur Optimierung betrieblicher Prozesse unterstützen. In der folgenden Studie wird eine betriebswirtschaftliche Analyse von unterschiedlichen Einstreumanagement-Szenarien durchgeführt. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Einsatz von Sensoren einen positiven Effekt auf die betriebswirtschaftliche Situation von putenhaltenden Betrieben haben kann und somit unterstützend zu mehr Tierwohl in der Putenhaltung führt.

Keywords: Putenhaltung, Einstreu, Fußballen, betriebliches Controlling

1 Einleitung

Nach § 11 (8) Tierschutzgesetz sind Tierhalter verpflichtet „*geeignete tierbezogene Merkmale (Tierschutzindikatoren) zu erheben und auszuwerten*“ [Ti06]. Auch auf Schlachthöfen werden diese Indikatoren standardmäßig erhoben und dokumentiert. In der Putenhaltung kann der Indikator „Fußballenveränderung“ zur Erfassung wichtiger Tierschutzprobleme dienen und Betriebsleiter bei der betrieblichen Schwachstellenanalyse unterstützen [Kt15]. Schlachthöfe führen zunehmend Tierwohl-Bonussysteme für die Fußballengesundheit ein, sodass Mäster, die ein Mehr an Tierwohl umsetzen, eine Aufwandsentschädigung erhalten. Die Fußballengesundheit kann durch die Einstreupflege oder klimatische Bedingungen im laufenden Durchgang beeinflusst werden [Ru08]. Auf Tierschutzindikatoren wirken eine Vielzahl von Parametern, die aktuell noch zu wenig erfasst werden. In diesem Beitrag soll untersucht werden, ob durch den Einsatz von Sensoren im Stall die Informationslage für Entscheidungen im Rahmen des betrieblichen Controllings verbessert wird. Die Erfassung von Parametern mittels Sensoren kann bei der Analyse tierwohlrelevanter Indikatoren zur Optimierung betrieblicher Prozesse dienen [Ga15]. Im Folgenden wird untersucht, welche Auswirkungen der Einsatz von Sensoren im Einstreumanagement auf die Einzelkostenfreien Leistungen eines putenhaltenden Betriebes hat.

¹ Hochschule Osnabrück, Landwirtschaftliche Betriebswirtschaftslehre, Am Krümpel 31, 49090 Osnabrück, h.strueve@hs-osnabrueck.de

2 Tierwohlspezifische Parameter in der Putenhaltung

Ein Sensor dient der quantitativen und qualitativen Messung einzelner Parameter [HS12]. Exemplarisch kann die sensorische Erfassung von ausgewählten Einflussfaktoren für die Putenhaltung im Hinblick auf die Fußballengesundheit zukünftig wie in Abb. 1 ablaufen. Die Datenerfassung kann hierbei über lokale oder mobile Sensoren im Stall sowie über eine manuelle Eingabe einzelner Parameter (z. B. Besatzdichte) durch den Betriebsleiter erfolgen.

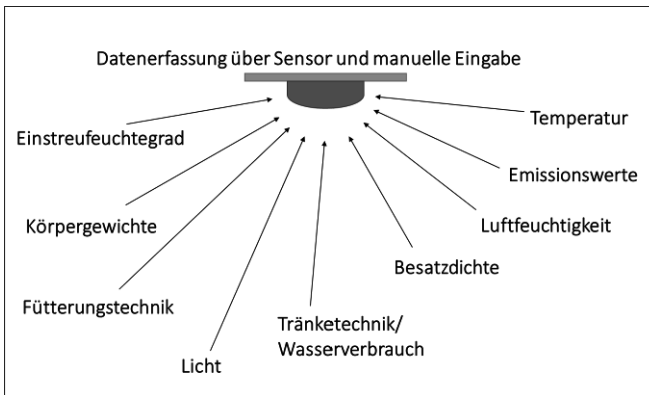


Abb. 1: Datenerfassung in der Putenmast, eigene Darstellung

Mit dem Ziel eines weitestgehend automatisierten Systems könnten die erhobenen Prozessdaten mit tierindividuellen Zahlen verknüpft und mittels einer Software zentral zusammengeführt werden, um bei Abweichung der Ist- von den Soll-Werten den Betriebsleiter zu informieren und rechtzeitige Gegenmaßnahmen einleiten zu können. In der Schweinehaltung liefern [Ku10] und [Sc00] erste Ansätze. In der Putenhaltung sind Sensoren wie in Abb. 1 noch zu entwickeln.

3 Einstreumanagement

In der Putenmast dient Einstreu der Ausübung des artgemäßen Verhaltens und reichert die Haltungsumwelt an, um Federpicken und Kannibalismus zu verringern und Fußballen- und Brusthautveränderungen zu vermindern [Be09]. In der Aufzucht ist als Material Weichholzspäne gängig, in der anschließenden Mast wird das Einstreumaterial gewechselt und hauptsächlich Stroh verwendet [FS07]. [EAS97] und [Ru08] stellen einen Einfluss des Einstreumaterials auf die Fußballengesundheit fest. Nach [Be02] beeinflusst die Qualität der Einstreu entscheidend den Gesundheitsstatus und damit das Mastergebnis bei Puten. Relevante Faktoren seien dabei der Erntezeitpunkt, klimatische Verhältnisse, Fütterung, Besatzdichte, Alter und Gewicht der Puten, Kotzusammensetzung sowie Einstreuart und -pflege.

4 Methodik

Um der Frage nachzugehen, ob ein unterstützender Einsatz von Sensoren beim Management in der Putenhaltung aus betriebswirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist, wird für einen typischen landwirtschaftlichen Betrieb mit Putenhaltung im nordwestdeutschen Raum eine betriebswirtschaftliche Analyse durchgeführt. Zur Berechnung der Einzelkostenfreien Leistung erfolgt eine Kosten- und Leistungsrechnung für unterschiedliche Management-Szenarien. Hierzu wurden betriebsbezogene Daten aus einem Forschungsprojekt herangezogen und mit KTBL-Daten ergänzt.

Es wird von einem Produktionsdurchgang mit Aufzucht und Mast von Hahn und Henne ausgegangen. Der Betrieb stellt insgesamt 7800 Puten beider Geschlechter auf einer Gesamtstallfläche von 6000 m² ein. Als Einstreumaterial werden in der Aufzucht Strohpellets und in der Mast Stroh eingesetzt.

5 Ergebnisse

Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich die Wirtschaftlichkeit bei den Mastdurchgängen verbessern wird, wenn es mit Sensoren bei putenhaltenden Betrieben gelingt, ein kontrolliertes Einstreumanagement mit Einbeziehung von unterschiedlichen Parametern einzuführen. Mit angenommenen Preisen für Strohpellets von 0,8 €/kg und für Stroh von 0,08 €/kg zeigt sich in Tab. 1, dass der Einsatz von Sensoren und somit einer optimierten Einstreumenge im Vergleich zum „guten“ und „schlechten“ Management zu höheren Einzelkostenfreien Leistungen führen kann.

Art des Managements	Einstreumenge [kg/m ² je Durchgang]		Einzelkostenfreie Leistungen [€/m ² Stallfläche und Jahr; absolute Werte]
	Aufzucht [Σ Hahn+Henne]	Mast [Hahn;Henne]	
Ausgangsszenario „gut“	2	12,5; 6,6	-3,08
„schlecht“	3,4	14,9; 7,9	-5,23
mit Sensor	2	9,1; 3,2	-2,30*

Tab. 1: Einstreumanagement und Auswirkungen auf Einzelkostenfreie Leistungen
(Quelle: eigene Berechnung; *ohne Kosten für Sensor)

6 Zusammenfassung

In dem Beitrag wird untersucht, welchen Einfluss das Einstreumanagement als bedeutender Einflussfaktor auf die Einzelkostenfreien Leistungen eines Betriebes hat. Die technische Erfassung und Auswertung von Daten sowie eine Umsetzung bei putenhaltenden Betrieben hat einen positiven Effekt auf die Einzelkostenfreien Leistungen und

ist somit ein wichtiges Forschungsfeld für die Praxis. Schlechtere Fußballen bei stärkerer Einstreu sind auf ein schlechtes Management, beispielsweise Nachstreuen zum falschen Zeitpunkt, zurückzuführen. Durch den Einsatz von Sensoren könnten möglicherweise Fußballprobleme über verbesserte Prozesssteuerung verringert werden. Die unterstützende sensorische Erfassung tierwohlspezifischer Parameter könnte in Verbindung mit einem gut geführten betrieblichen Controlling geeignet sein, die Putenhaltung zukünftig mehr Tierwohl zu führen.

Literaturverzeichnis

- [Be02] Berk, J.: Artgerechte Mastputenhaltung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (Hrsg.), KTBL-Schrift 412, Darmstadt, 2002.
- [Be09] Berk, J.: Einfluss der Einstreuart auf Prävalenz und Schweregrad von Pododermatitis bei männlichen Broilern. Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschrift. 122: 257-263, 2009.
- [EAS97] Ekstrand, C; Algers, B.; Svedberg, J.: Rearing conditions and food-pad dermatitis in Sweden broiler chickens. Prev. Vet. Med. 31: 167-174, 1997.
- [FS07] Feldhaus, L.; Sieverding, E.: Putenmast. Eugen Ulmer, Stuttgart, 2007.
- [Ga15] Gallmann, E.: Technik für mehr Tierwohl. In: DLG-Mitteilungen 09/2015. 83-85, 2015.
- [HS12] Hering, E.; Schönfelder, G. (Hrsg.): Sensoren in Wissenschaft und Technik – Funktionsweise und Einsatzgebiete, Vieweg und Teubner Verlag, Wiesbaden, 2012.
- [Kt15] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (Hrsg.): Tierschutzindikatoren – Vorschläge für die betriebliche Eigenkontrolle. KTBL-Schrift 507. 42-44, 2015.
- [Ku10] Kuhlmann, A.: Entwicklung, Implementierung und Bewertung eines IT-Systems zur Prozessdokumentation und –unterstützung in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Dissertation, Universität Hohenheim, 2010.
- [Ru08] Rudolf, M.: Einfluss von Besatzdichte und Einstreumaterial auf die Pododermatitis bei Mastputen. Dissertation, Freie Universität Berlin, 2008.
- [Sc00] Schulze Lammers, P.; Boecker, P.; Rechenbach, T.; Nieß, J.; Oberdellmann, P.: Entwicklungs- und Einsatzmöglichkeiten von mikroelektronischen Sensoren (Elektronische Nasen) zur Erfassung von Emissionen aus der Tierhaltung. Lehr- und Forschungsschwerpunkt „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“, Forschungsberichte, Heft Nr. 80, Universität Bonn, 2000.
- [Ti06] TierSchG: Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313) zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 28. Juli 2014 (BGBl. I S. 1308). <http://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/BJNR012770972.html>. Stand: 02.11.2015.

Reconstruction of geo-referenced maize plants using a consumer time-of-flight camera in different agricultural environments

Manuel Vázquez-Arellano¹, David Reiser¹, Miguel Garrido Iazard² und Hans W. Griepentrog¹

Abstract: Crop phenotyping is a prerequisite to enable robots doing agricultural tasks, evaluating crop status for farm management, and relating genotypes to phenotypes for crop breeding among others. Optical three dimensional (3-D) sensors have been preferred since they provide more information about the complex plant architecture. The improvement of time-of-flight (TOF) cameras together with their reduced economical costs have provided an appropriate tool for tasks that require detailed information of the agricultural environment. In this paper, 3-D reconstruction of maize is performed in different environments, from controlled greenhouse to the open field, to evaluate the capabilities of a consumer camera.

Keywords: 3-D sensors, time-of-flight, agricultural automation, plant phenotyping

1 Introduction

Crop phenotyping is a prerequisite to enable robots doing agricultural tasks, evaluating crop status for farm management [Gr10], and relating genotypes to phenotypes for crop breeding among others; yet it remains a bottleneck [FT11] due to the time-consuming measuring methodologies and systems. Moreover, it is also important that the acquired sensor data is accurately and precisely geo-referenced to know the position in space of every plant and plant element. Advances in off-the-shelf 3-D vision sensors are opening new possibilities since they provide more information compared with two dimensional (2-D) sensors in a cost-effective manner; however, it comes at the cost of more computer power and data handling.

The Kinect v2 is an example of a consumer TOF camera (CTC) that has appealing characteristics like: high depth image pixel resolution, near infrared (NIR) stream for night vision, and a relative robustness against sunlight. For geo-referencing optical information, real time kinematic-global navigation satellite system (RTK-GNSS) is limited to outdoor conditions and its accuracy (centimetre-level) is not better than the (sub-centimetre-level) robotic total station; therefore, the latter was used for this research.

¹ University of Hohenheim, Institute of Agricultural Engineering, Garbenstrasse 9, 70599, Stuttgart, Germany, mvazquez@uni-hohenheim.de

² Laboratorio de Propiedades Físicas (LPF)-TAGALIA, Technical University of Madrid, 28040, Madrid, Spain, miguel.garrido.izard@gmail.com

The aim of this research is to present a methodology for reconstructing maize plants using a CTC mounted on a field robot. This robot navigates in different agricultural scenarios using a robotic total station for geo-referencing the position of the CTC, and thus, the generated point clouds.

2 Material and Methods

A robotic platform, depicted in Figure 1, developed at the University of Hohenheim, was used for data acquisition. The dimensions of the robotic platform are: length 600 mm, width 500 mm, height 1100 mm. The vehicle carries a CTC for data acquisition mounted on an extruded aluminium frame. The robotic platform software was developed using the Robot Operating System (ROS Indigo), an open source middleware running on Linux (Ubuntu 14.04), and programmed in a combination of C++ and Python programming languages. For fast calibration, point measurement, and importing data from the total station into ROS; the Trimble SCS900 Site Controller (Software Version 3.4.0) was used. The prism position data was time stamped and helped to refer the transforms to the global frame [Re15].

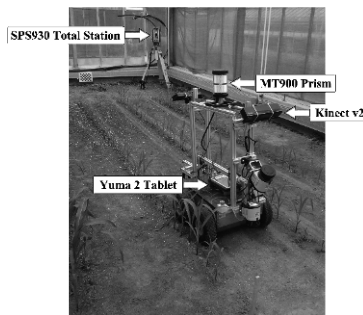


Figure 1: Robotic platform for 3-D data acquisition in a greenhouse and the utilized total station.

The SPS930 robotic total station (Trimble Navigation Limited, Sunnyvale, USA) was used to track the precise position of the vehicle by aiming at the Trimble MT900 Machine Target Prism, which was mounted on the top of the vehicle at a height of 1.07 m. The total station data was sent to a Yuma 2 Tablet Computer (Trimble, Sunnyvale, USA). The CTC has a measurement range between 0.4 and 4.5 m, and it was mounted at a height of 0.94 m with a downwards view at an angle of 30°. The CTC outputs three image streams: a depth image stream of 512 x 424 pixels, a NIR stream of 512x424 pixels, and a colour stream of 1920x1080 pixels. Depth, infrared, and Red-Green-Blue (RGB) images were acquired from 23.04.2015 to 01.07.2015, and a total of 9 tests were done driving the robot through the tracks using a remote joystick at a constant speed of *circa* 0.05 m s⁻¹. Every track was passed two times starting from each side.

3 Results and discussion

A first trial was done using two CTCs mounted on the robot, one pointing forwards and the other backwards, in order to have two different perspectives and to avoid passing two times through the same track. However, the high amount of data simultaneously coming from the two CTCs rapidly overloaded the computer acquisition system. Therefore, it was decided to use only one CTC and drive two times through the same track from opposite sides. Due to the high spectral reflectance of plants in the *NIR plateau* (737-1000 nm), it was possible to obtain depth images of maize in different lighting conditions as shown in Figure 2.


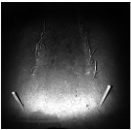
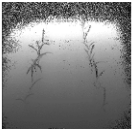
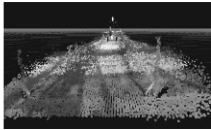

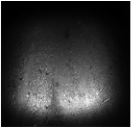
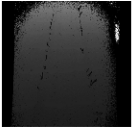
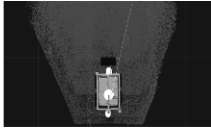

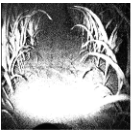
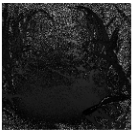
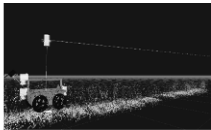
Environment	Lighting	RGB image	NIR image	Depth image	Point clouds (3-D reconstruction)
Greenhouse	Sun shadow				
Greenhouse	Night				
Open field	Sunny				

Figure 2: CTC output in different environments, lighting conditions, and maize heights ($mean\ height_{greenhouse\ sun-shadow}=98\text{ mm}$, $mean\ height_{greenhouse\ night}=50\text{ mm}$, $mean\ height_{open\ field\ sunny}=500\text{ mm}$).

Preliminary results (Figure 3) show that it is possible to reconstruct maize assembling point clouds in different agricultural environments and light conditions. At night, the maize 3-D reconstruction was possible with the least amount of noise; inside the greenhouse, the light variability was a source of noise; and in the open field, most of the depth image (excluding maize plants) was saturated by noise. The wind conditions were favourable during the data acquisition in the open field, and if they were not, a wind protection could have been used- as most of the robotic phenotyping platforms do.

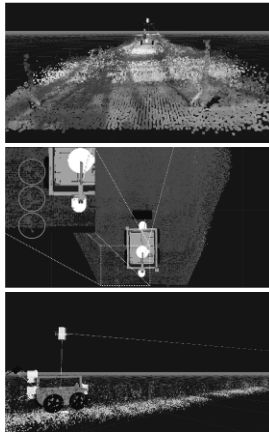


Figure 3: Point cloud reconstruction of maize in greenhouse in sun-shadow (top), greenhouse at night (middle) with the maize inside the circles, and open field in a cloudless sunny day (down).

4 Conclusions

The CTC used in this research has a lot of potential in agricultural applications mainly due to the capability of providing depth information under different lighting conditions. Although it was designed for other purposes, it has shown that it can stream depth information under different environments, and even though it does not perform well under sunlight, it is still possible to obtain depth data of maize. Better results would be expected if a shadowing device is used. Surface reconstruction algorithms like Kintinuous could be also applied to the point clouds for a better representation of the leaf surface; however, it was out of the objectives of this research.

References

- [FT11] Furbank, R.T. and Tester, M. (2011), “Phenomics--technologies to relieve the phenotyping bottleneck.”, *Trends in plant science*, Elsevier Ltd, Vol. 16 No. 12, pp. 635–44.
- [Gr10] Griepentrog, H. W., Ruckelshausen, A. Joergensen, R.N. and Lund, I. (2010), “Autonomous systems for plant protection”, in Oerke, E.C., Gerhards, R., Menz, G. and Sikora, R.A. (Eds.), *Precision Crop Protection - the Challenge and Use of Heterogeneity*, Springer, pp. 323–334.
- [Re15] Reiser, D., Garrido, M., Vazquez, M., Paraforos, D.S. and Griepentrog, H.W. (2015), “Crop row detection in maize for developing navigation algorithms under changing plant growth stages”, *Robot 2015. Second Iberian Robotics Conference*, Lisbon, Portugal.

Aktueller Stand der Technik im Bereich der Sensoren für Precision Agriculture

Cornelia Weltzien¹ und Robin Gebbers²

Abstract: Dieser Beitrag gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der terrestrischen mobilen Pflanzen- und Bodensensoren für Precision Agriculture. Am Beispiel der Erfassung von Bodenparametern wird dargestellt wie weit Sensordatenfusion vorangekommen ist und welche weiteren Schritte auf dem Weg zum Smart Farming noch folgen müssen.

Keywords: Smart Farming, Precision Agriculture, Sensorfusion, Datenfusion.

1 Einleitung

Auf der Agritechnica 2015 wurde unter den Überschriften ‚Smart Farming‘ und ‚Digital Cropping‘ viele Sensorbasierte Lösungen ausgezeichnet. Die digitalisierte Landwirtschaft scheint hier bereits umgesetzt, aber in Realität mangelt es oftmals an verfügbaren, validen und relevanten Informationen zu akzeptablen Kosten. Aufgrund des Bedarfs an geeigneten Informationen in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung zur Umsetzung präziser Bewirtschaftungsmaßnahmen bilden Sensoren ein zentrales Element von Precision Agriculture.

Die Herausforderung an die Sensoren für Precision Agriculture liegt darin unter schwierigen, wechselhaften Umgebungsbedingungen (Temperatur, Lichtverhältnisse und Staubeentwicklung) kostengünstig und schnell, sehr komplexe Analysen durchzuführen. Dabei sind viele der bewirtschaftungsrelevanten Parameter nicht direkt messbar sondern werden als sogenannte „Proxis“ nur abgeschätzt, dazu werden direkt messbare Größen über empirische Beziehungen und Kalibriermodelle an den eigentlichen Parameter approximiert. Der folgende Überblick betrachtet den aktuellen Stand bei terrestrisch eingesetzten Pflanzen und Boden Sensoren.

2 Stand der Technik

Hinsichtlich der Messstrategie werden absätzig und Echtzeitverfahren unterschieden. Bei *absätzigen Verfahren* lassen sich die Sensordaten im Post-processing kalibrieren und

¹ Leibniz Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Technik im Pflanzenbau & TU Berlin, Agromechatronik, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, cweltzien@atb-potsdam.de

² Leibniz Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Technik im Pflanzenbau, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, rgebbers@atb-potsdam.de

in komplexere Entscheidungsalgorithmen einbinden die durch den Nutzer geprüft werden können. *Echtzeitsysteme* ermöglichen die Messung, Analyse und Applikation in einem Arbeitsgang. Hierbei hat der Landwirt wenig Möglichkeit einzugreifen.

Marktverfügbare echtzeitfähige *Pflanzensensorsysteme* messen mittels Spektralanalysen der Lichtreflektion den Blattflächenindex (LAI leaf area index), die Biomasse (NDVI normalized differential vegetation index) und die Chlorophyllkonzentration. Zur bedarfsorientierten Düngerapplikation werden diese Parameter als Indikatoren der Stickstoffversorgung ausgewertet und zur Echtzeitsteuerung genutzt. Zwischen Stickstoffversorgung und Chlorophyllkonzentration besteht zwar ein kausaler aber kein deterministischer Zusammenhang, d.h. die Zuordnung der Grünfärbung zur Stickstoffversorgung ist eine Approximation welche weitere komplexe Zusammenhänge des Pflanzenzustands vernachlässigt und die daher durch andere Effekte z.B. Mangelerscheinungen gestört werden kann. Es gibt mehrere Anbieter solcher „N-Sensoren“, so dass die Technik als etabliert anzusehen ist. Alle diese Sensoren messen punktförmig, d.h. es sind nicht-bildgebende Verfahren.

In Forschung und Entwicklung wird an der Erfassung weiterer *Pflanzenparameter* (z.B. Morphologie, Krankheitsbefall) gearbeitet, insbesondere der spektraloptischen Analyse mittels punktbezogener Sensoren (LAI) [Sc15] und von Kamerabildern (NDVI) [Ge14]. Die Morphologie wird durch mechanische und Ultraschall Sensoren, Laserentfernungsmesser, 2-D und 3-D-Kameras sowie Lichtgitter ermittelt [Bu13]. Die Erkennung von Beikräutern durch Kameratechnik [Da14] und Pilzbefall mittels optoelektronischer Sensoren [Da15] sind aktuelle Forschungsthemen. Die Kameratechnik ist sowohl in Echtzeitverfahren als auch bei Bonituren durch Feldroboter oder UAV (unmanned aerial vehicles) einsetzbar. Beschränkungen sind aktuell die Leistung der Embedded Controller sowie die Zuladung der UAV. Die Miniaturisierung der Sensoren sowie die Reduzierung der Komplexität der Programmierung werden hierzu vorangetrieben [DHS15].

Mechanisch Treibstoff Verbrauch (0) Zugkraft (0) Vertikal Penetrometer (?) Horizontal Penetrometer (0)	Elektrisch Geo-elektrisch (EC, EMI, Kap) (+) TDR, FDR (0) Geo-radar (0) THz (-)	Radioaktiv Gamma Spektroskopie (pass.) (+) Neutron Impuls (aktive) (-) Röntgenfluoreszenz XRF (0)
Chemisch Galvanisch (SoilDoctor) (?) Ionenselektiveelektroden (pH) (+) FET Feldeffekttransistoren (-) Künstliche Nase (-) Antikörper (-)	Optisch Vis-NIR Spektroskopie (? 0) Kamera (? 0) Raman Spektroskopie (-) Plasma Spektroskopie (-)	Akustisch Seismisch (-)
		Pneumatisch Luftleitfähigkeit (-)

? Produkt verfügbar, selten eingesetzt
 0 Produktentwicklung, int. Forschung
 + Produkt verfügbar, häufig eingesetzt
 - Reine Forschung

Abb.1: Übersicht vorhandener Sensoren zur Bodenkartierung [Ge14]

Bei Bodensensoren wurden bislang ausschließlich off-line Lösungen angeboten. Der Topsoilmapper ist der erste echtzeitfähige Bodensensor [At15]. Er ermittelt die scheinbare elektrische Leitfähigkeit bis in eine Tiefe von 1,1 m. Daraus sollen sich Verdichtungszonen, Wassersättigung und Bodenart ableiten lassen. Das System ermöglicht die direkte Steuerung von Bodenbearbeitungsgeräten, allerdings fehlen für die Umsetzung in

eine differenzierte Bearbeitung noch Entscheidungsfindungssysteme. Dies ist durchaus typisch für die Nutzung von Boden- und Pflanzensensoren: die produzierten Daten können nur unzureichend in Informationen und Entscheidungen umgesetzt werden.

Nahbereichsensorik zur Bodenkartierung wird meist in einem unabhängigen Arbeitsgang einzeln oder kombiniert eingesetzt. Kommerziell angeboten werden die in Abb. grau hinterlegten Messverfahren VIS-NIR Spektroskopie (Humus-, Nährstoffgehalt) [KS13], elektrische Leitfähigkeitssensoren (Wasser-, Ton-, Humusgehalt, Salze), Ionenselektive Elektroden (pH, Acidität, freie H⁺) sowie seltener Gammastrahlen-Spektroskopie [VR11] (geol. Ursprung, Textur/Humus, K, Fe, Corg, pH [Ge14]). Neue Forschungsfelder im Labormaßstab sind künstliche Nasen, Immunsensoren, Raman- und Terahertz Spektroskopie [Dw13]. Die einzigen direkt gemessenen bewirtschaftungsrelevanten Parameter sind der pH Wert durch die Ionenselektiven Elektroden sowie der Kaliumgehalt durch die Gammaskopie. Die anderen Parameter sind indirekte Messgrößen. Auch die Bodenfeuchte abgeleitet aus der Leitfähigkeit ist ein „Proxi“ und muss zwingend auf die Textur kalibriert werden. Dieser Wert gibt noch nicht das pflanzenverfügbare Wasserpotential an, sondern benennt den Wassergehalt des Bodens. Bis heute kann kein Sensor den wichtigsten bewirtschaftungsrelevanten Parameter in Echtzeit messen oder auch nur approximieren: den pflanzenverfügbaren Stickstoff im Boden.

Die Differenzierung verschiedener Stressoren wie Krankheiten, Wasser-, Nährstoffmangel ist noch Gegenstand der Forschung. Hierzu müssen wesentlich mehr Messgrößen, ggfls. auch Sensoren, kombiniert ausgewertet werden. Die Sensorfusion wird weitere Differenzierungen ermöglichen, Multisensorplattformen sind Thema bei Phänotypisierung [Bu13], Bodenparametern [VR11] oder Fungiziden [Da14].

3 Zusammenfassung und Ausblick

Die Herausforderungen liegen in der Entwicklung neuer Messverfahren, neuer Analysemethoden, in der Datenfusion zu neuen Informationen und in der Automatisierung der Arbeitsschritte zur Datenerhebung.

Es ist viel Sensorik vorhanden und wird auf Multisensorplattformen eingesetzt, aber die Sensor-Daten-Fusion im Sinne der überlagerten Auswertung von unterschiedlichen Informationsebenen steht noch am Anfang. Noch nicht alle bewirtschaftungsrelevanten Parameter können in Echtzeit ermittelt werden und nur einige Parameter werden direkt gemessen, der Großteil der Werte basiert auf empirischen Zusammenhängen.

Nur wenige Sensorsysteme sind wirklich „smart“ in dem Sinne dass die Entscheidungsfindungssysteme auf dem Sensor eingebettet sind und sie durch mobile Anbindung in der Lage sind Informationen aus externen Datenquellen direkt auf der Maschine zu nutzen.

Zur der Weiterentwicklung smarter Sensoren müssen die relevanten Informationen in multikausale Entscheidungsfindungssysteme integriert werden um Wissen zu generieren.

Das Ziel sind komplexe Systeme die einfach zu bedienen sind. Lösungen mit *systemischen, durchgängigen und transparenten* Ansätzen, mit guter „Usability“ und *einfacher Handhabung*. Die *mobile Datenübertragung* ist eine Basistechnologie um *vollintegrierte Systeme* zu erstellen bei denen eine Datenfusion aus verschiedenen Quellen in Echtzeit möglich wird. Auch Praxiserfahrungen müssen in diese integrierten Systeme einfließen können, damit Landwirte mit Hilfe der Technik ihr Expertenwissen weiter ausbauen.

Literaturverzeichnis

- [KS13] Kodaira, M.; Shibusawa, S.: Using a mobile real-time soil visible-near infrared sensor for high resolution soil property mapping, *Geoderma* 199 (2013), 64-79, [<http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.09.007>], 2013
- [Dw13] Dworak, V.; Augustin, S.; Selbeck, J.; Gebbers, R.: Potentials of terahertz transmission measurements as a new methodology for proximal soil sensing. In (Gebbers, R.; Lück, E.; Rühlmann, J.): 3rd Global Workshop on Proximal Soil Sensing, Eigenverlag, Potsdam, (0947-7314), p. 12-21, 2013.
- [VR11] Viscarra Rossel, R. A.; et. al.; Proximal Soil Sensing: An Effective Approach for Soil Measurements in Space and Time. In (Donald L. Sparks): *Advances in Agronomy*, Vol. 113, Burlington: Academic Press, pp. 237-282, 2011.
- [Ge14] Gebbers, R.: Current soil and plant sensors in precision agriculture. Keynote. ConBAP 2014. Brazilian Conference on Precision Agriculture 2014. Sao Pedro, Sao Paulo State, Brazil, http://www.atb-potsdam.de/uploads/feupload/Gebbers_SensorsPrecisionAgriculture_ConBAP2014_v04.pdf
- [Bu13] Bussemeyer, L.; Ruckelshausen, A.; et al: Breed Vision – A Multi-Sensor Platform for Non-Destructive Field-Based Phenotyping in Plant Breeding. *Sensors* 13/2013, pp 2830-2847, 2013.
- [DHS15] Dworak, V.; Hübner, M.; Selbeck, J.: Precise Navigation of Small Agricultural Robots in Sensitive Areas with a Smart Plant Camera. *Journal of Imaging* 1/15, 115-13, 2015.
- [At15] Übersicht Neuheiten Agritechnika 2015, [<https://www.agritechnika.com/de/neuheiten/neuheiten-2015-uebersicht/>], 19.11.2015
- [Da14] Dammer, K.-H.: Sensorgesteuerte Applikation von Pflanzenschutzmitteln. *Bornimer Agrartechnische Berichte Heft 85, ATB*, 2014.
- [Da15] Dammer, K.-H.; Tackenberg, M.; et al: Zielflächenorientierte präzise Echtzeit-Fungizidapplikation in Getreide. *Landtechnik* Bd. 70, Nr. 2, pp 31-43, 2015.
- [Sc15] Schirrmann, M.; Hamdorf, A.; Giebel, A.; Dammer, K.; Garz, A.: A mobile sensor for leaf area index estimation from canopy light transmittance in wheat crops. *Biosystems Engineering* 140, 23-33, 2015.

ASK: Entwicklung eines modularen Systems zur Automatisierung landwirtschaftlicher Maschinen

Wilfried Wöber¹, Richard Otrebski¹ und Bernhard Peschak¹

Abstract: Die Anwendung von Systemen zur Lösung landwirtschaftlicher Aufgaben ist dank den Fortschritten der Sensortechnik, Prozessorgeschwindigkeit und Robotik zur Realität geworden. Durch die autonome Analyse der Umgebung kann neben der Automatisierung des Prozesses, der Prozess selbst sicherer bzw. effizienter gestaltet werden. Viele autonome Systeme sind allerdings Spezialanfertigungen und somit für eine breite, praktische Nutzung nicht interessant. Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf der Vorstellung eines modularen Automatisierungssystems, welches als Erweiterung auf beliebige Arbeitsgeräte angewendet werden kann. Dadurch können unterschiedliche Aufgaben des Arbeitsgeräts (teil)automatisiert werden. Diese Arbeit diskutiert die Kerntechnologie des Systems und damit durchgeführte Experimente.

Keywords: Autonome Systeme, Robotik, Stereo Vision

1 Einleitung

Die Automatisierung von Fahrzeugen soll Maschinen die Fähigkeit verleihen, ohne Eingriff von Menschen Aufgaben wie Gefahrenerkennung oder Navigation zu bewältigen. Das autonome System soll das menschliche Schlussfolgern, und die damit verbundene menschlichen Interaktionen mit der Umgebung durch mathematische Ansätze (z.B.: [Pe88, Bi07]) nachahmen. Für viele der an ein autonomes System gestellten Aufgaben, wie zum Beispiel der Selbstlokalisierung [TBF06, S189 & S309], existieren Lösungen. Die hohe Dynamik der Natur verhindert heute allerdings noch deren robusten Einsatz [Ot15]. Wenige Systeme zur Bewältigung von Problemen in unstrukturierter und dynamischer Umgebung sind bekannt [Ki09, Ki11]. Diese Systeme verwenden meistens globale Systeme zur Lokalisierung. Häufig wird Vorwissen (Karten [BGU15] oder Features [KGL10]) zur Lösung der Probleme verwendet. Nichtsdestotrotz lassen sich bereits heute einige landwirtschaftliche Problemstellungen durch Ansätze der Robotik lösen. Dies beweisen existierende Spezialanfertigungen (z.B.: [Ru15, Na11]). Das ASK (autonomes System für Kraftfahrzeuge) [Pa15], ein modular aufgebautes und auf Stereovision basierendes System, automatisiert (Teil-)Aufgaben von Maschinen.

Die Arbeit teilt sich folgendermaßen: In Kapitel 2 und 3 werden das ASK, Applikationen und Experimente diskutiert. Kapitel 4 diese Arbeit zusammen.

¹ PAS Peschak Autonome Systeme GmbH, Wienerstraße 62, 3701, Großweikersdorf wilfried.woeber@pas-autonom.com

2 Material und Methoden

Das ASK ist ein modulares System, bestehend aus Recheneinheiten, einem Stereokamerakopf (mindestens zwei Kameras), auf die Problemstellung angepasste Sensoren (z.B.: Wärmebildkameras) und Anwendersoftware. Unter Anwendersoftware versteht man in diesem Zusammenhang auf Kundenwünsche angepasste Algorithmen zur Lösung praktischer Probleme (Stickstoffanalyse, Autonomie, etc.).

Zur Wahrnehmung der Umgebung verwendet das ASK Kameras. Die Kameras ermöglichen dreidimensionale bzw. zweidimensionale Projektionen der Umgebung zu berechnen. Dabei verwendet das ASK vor allem Stereovision. Unter Stereovision versteht man die Nachahmung von menschlichem dreidimensionalem Sehen. Die dreidimensionale Information basiert auf der Analyse des Bildmaterials von zwei Kameras. Die gleiche Information wird in den Kamerabildern an unterschiedlichen Pixelpositionen zu finden sein. Durch diesen Positionsunterschied (Disparität) lässt sich durch $T = f \cdot B \cdot D^{-1}$ Tiefeninformation berechnen, wobei T die Tiefeninformation, f die Fokusslänge, B der Abstand zwischen den Kameras und D die Disparität ist. Algorithmen wie [Op15a] erlauben die Berechnung eines Disparitätsbildes. [Op15b]

Die Disparität hat einen Zusammenhang zur Tiefeninformation und durch die Nutzung dieser Information sind verschiedene Anwendungen realisierbar. Beispiele sind geometrische Pflanzenanalysen, Hinderniserkennung oder fahrerlose Navigation.

Neben den Möglichkeiten der Nutzung von Kameras im sichtbaren Frequenzband ist die Nutzung weiterer Frequenzen möglich. Beispielhaft können dadurch Wärmestrukturen [Wo13a, Wo13b] oder NIR-Struktur analysiert werden. Durch den Verbau von Kameras mit unterschiedlichen Frequenzbändern (beispielhaft [Ja15]) sind neben der Automatisierung von Prozessen gleichzeitig Materialanalysen durchführbar. Dies ermöglicht zum Beispiel die Abschätzung des Stickstoffgehalts.

3 Ergebnisse und Evaluierung

Diverse durchgeführte Experimente auf Feldwegen, Forstwegen oder betonierten Flächen zeigen, dass Stereovision eine robuste Technologie zur Berechnung von Tiefeninformation ist. Die Genauigkeit der errechneten Tiefeninformation ist neben dem Sensorrauschen durch die Faktoren Kalibrierung, mechanische Erschütterung und Kameraabstand bestimmt. Durch die Kalibrierung werden intrinsische Parameter (z.B.: Linsenverzerrung) und extrinsische Parameter (geometrischer Abstand zwischen den Kameras) berechnet. Mechanische Erschütterungen können diese Parameter verändern. Dies führt zu einer Dekalibrierung des Kamerakopfes, welche durch robuste (Nach)Kalibrieralgorithmen und mechanisch entkoppelte Systemen kompensierbar wird. Ein nicht kompensierbares Problem ist der fixe Kameraabstand, welcher den dreidimensionalen „Sichtbereich“ des ASK definiert (siehe Abb.1 [Ot15]).

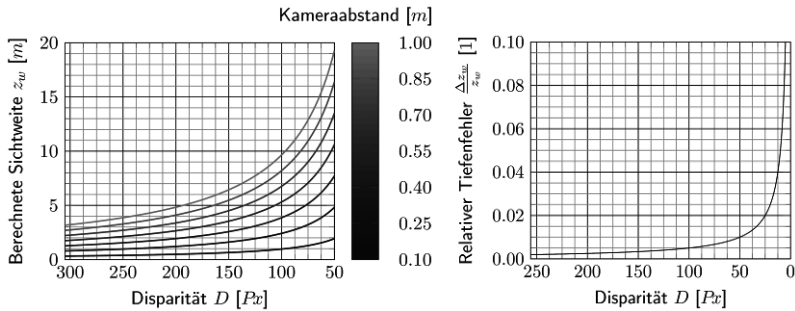


Abb.1: Sichtweite für unterschiedliche Stereokameras (links), rel. Tiefenfehler (rechts) [Ot15]

Abb.1 zeigt die „Sichtweite“ des Systems für unterschiedliche Kameraabstände (links) und den dazu gehörenden relativen Tiefenfehler (rechts). Der relative Fehler nimmt mit der Entfernung zu. Um den Fehler der Tiefeninformation in großen Arbeitsräumen zu minimieren sollten daher mehrere Stereokameras für je unterschiedliche Distanzen verbaut werden.

Optische Methoden zur Stickstoffdetektion werden in der Literatur regelmäßig diskutiert (z.B.: [Zh07] oder [No06]). Der im ASK angewendete Algorithmus erweitert diese Ansätze zu einem beleuchtungsunabhängigen System. Der Algorithmus wurde zwischen Februar und August 2015 entwickelt, kalibriert und evaluiert. Erste Evaluierungen zeigen einen R^2 von 0,9618. Bei der Evaluierung wurde das Konica Minolta SPAD-502Plus [Ko15] verwendet. Die Erstellung eines robusten Modells zur Umrechnung in Stickstoffgehalt und Evaluierungsversuche sind derzeitige Forschungsschwerpunkte.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Das ASK ermöglicht die Automatisierung landwirtschaftlicher Maschinen oder Prozessen. Dies beinhaltet dreidimensionale Analysen der Fahrzeugumgebung und die damit verbundenen Möglichkeiten wie fahrerlose Navigation, Hinderniserkennung oder geometrische Pflanzenanalysen. Weiters können durch die Anwendung unterschiedlicher Kameratechnologien für den Menschen nicht sichtbare Wellenlängen sichtbar gemacht werden. Dadurch sind Wärmestrukturen oder NIR Analysen in das autonome System integrierbar. Die nächsten Schritte, im Kontext der vorgestellten Arbeiten, sind Feldtests zur Evaluierung der Präzision von vollautonomen Fahrzeugen und Kalibrierung bzw. Evaluierung der entwickelten Algorithmen zur Stickstoffanalyse.

Literaturverzeichnis

- [BGU15] Brubaker, M.A., Geiger, A., Urtasun, R.: Map-Based Probabilistic Visual Self-Localization, Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI), 2015.

- [Bi07] Bishop, C.: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2007.
- [Ja15] JAI, AD-080GE, <http://www.jai.com/en/products/ad-080ge>, Stand: 25.11.2015.
- [KGL10] Kitt, B., Geiger, A., Lategahn, H.: Visual Odometry based on Stereo Image Sequences with RANSAC-based Outlier Rejection Scheme, In: Intelligent Vehicles Symposium (IV), S. 486-492, 2010.
- [Ki09] KIRAS, Sichere semi-autonome Konvoiführung (SafeCon), http://www.kiras.at/geofoerderte-projekte/detail/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=207&cHash=2d12d380fa0432acecc756fe41d9eece, Stand : 5.10.2015.
- [Ki11] KIRAS, Reliable Control of Semi-Autonomous Platforms (RelCon), http://www.kiras.at/geofoerderte-projekte/detail/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=295&cHash=43384180c631949fe498487e2799fae2, Stand: 5.10.2015.
- [Ko15] Konica Minolta, Chlorophyll-Messgerät SPAD-502Plus, <https://www.konicaminolta.eu/de/messgeraete/produkte/farbmessung-glanzmessung/chlorophyll-messgeraet/spad-502plus/einfuehrung.html>, Stand: 13.11.2015.
- [Na11] Nagasaka, Y. et al.: Autonomous rice field operation project in NARO. In: 2011 International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), S. 870-874, 2011.
- [No06] Noh, H. et al.: A Neural Network Model of Maize Crop Nitrogen Stress Assessment for a Multi-spectral Imaging Sensor, In: Biosystems Engineering, S. 477-485. 2006.
- [Op15a] OpenCV, cv::StereoBM Class Reference, http://docs.opencv.org/master/d9/dba/class_cv_1_1StereoBM.html, Stand: 13.11.2015.
- [Op15b] OpenCV, Depth Map from Stereo Images, http://docs.opencv.org/master/d/d53/tutorial_py_depthmap.html#gsc.tab=0, Stand: 19.11.2015.
- [Ot15] Otrebski, R.: Motion estimation based on visual perception, Fachhochschule Technikum Wien, 2015.
- [Pa15] PAS, Die Technologie des ASK, <http://www.pas-autonom.com/de/die-technologie>, Stand: 5.10.2015.
- [Pe88] Pearl, J.: Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference, Morgan Kaufmann, 1988.
- [Ru15] Ruckelshausen, A.: BoniRob: an autonomous field robot platform for individual plant phenotyping, <https://my.hs-osnabrueck.de/ecs/fileadmin/groups/156/Veroeffentlichungen/2009-JIAC-BoniRob.pdf>, Stand: 5.10.2015.
- [TBF06] Thrun, S., Burgard, W., Fox, D.: Probabilistic Robotics, MIT Press, 2006.
- [Wo13a] Woeber, W.: Development of a Multivariate Analysis Based Object Detection System for Thermal Infra-Red Images, Fachhochschule Technikum Wien, 2013.
- [Wo13b] Woeber, W. et al: A principal component analysis based object detection for thermal infra-red images, In: 55th International Symposium ELMAR, S. 357-360, 2013.
- [Zh07] Zhu, Y. et al.: Analysis of Common Canopy Reflectance Spectra for Indicating Leaf Nitrogen Concentrations in Wheat and Rice, In: Plant Production Science, S. 400-411, 2007.

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. Mühlung, 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 Appelpath, 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, Wolfrid 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 Machle (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 und 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 Koerber (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 Rannenber (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 and 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 Poustchi, 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 Rumpe (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 Dreo 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, Efthimos 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-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
Otjacques (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-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

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

