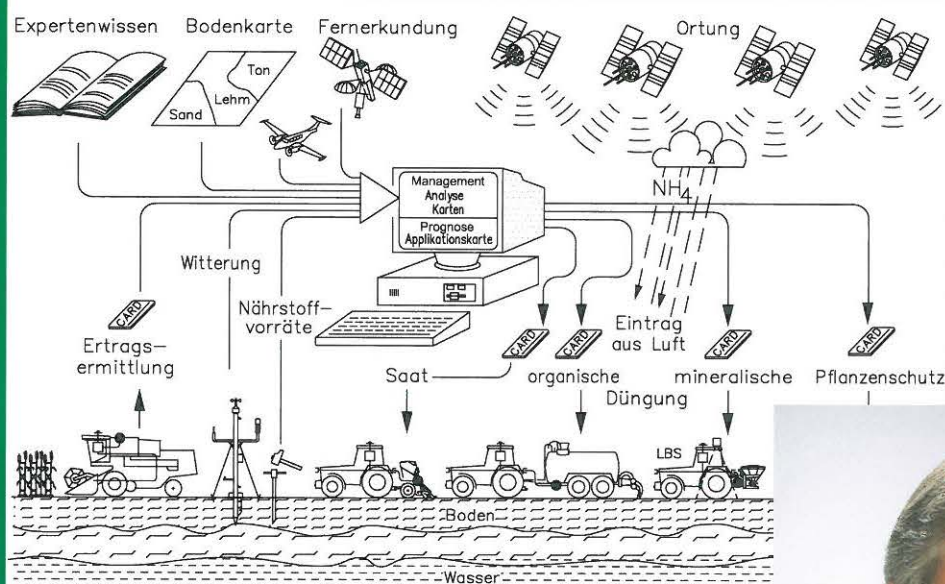


complete contents in English on:



AGRICULTURAL ENGINEERING



Sonderheft zur Emeritierung

Special Edition for the Retirement of

Prof. Dr. Dr. habil. Hermann Auernhammer

Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik

Fachgebiet Technik im Pflanzenbau



Der Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik und das Fachgebiet Technik im Pflanzenbau unter Leitung von Prof. Dr. H. Auernhammer

Chair of Agricultural Systems Engineering and Division Crop Production Engineering held by Prof. Dr. H. Auernhammer

260 **Laudatio**

262 **Grußworte**

Antriebe und Fahrwerke

- 266 Elektrische Baugruppenantriebe – eine Alternative zur Hydraulik?
 268 Wirkung verschiedener Fahrwerke auf die Bodenstruktur bei gleichem Kontaktflächendruck

Prozessdatenerfassung

- 270 Kontinuierliche Durchsatz- und Ertragsermittlung in Erntemaschinen - Stand der Technik
 272 Drei Jahrzehnte Durchsatz- und Qualitätsermittlung von Erntegut im Feldhäcksler
 276 Entwicklung eines Nah-Infrarot-Sensors für Landmaschinen
 278 Ein Simulationsmodell zur Analyse der Einsatz- und Leistungsparameter von Erntemaschinen
 280 Integration der automatischen Prozessdatenerfassung in landwirtschaftliche Informationsflüsse

LANDTECHNIK

vereinigt mit den
Grundlagen der Landtechnik
 ISSN 0023-8082

Internet-Adresse:
<http://www.landtechnik-net.com>
<http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech>

Herausgeber:
 Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt;
 VDMA Fachverband Landtechnik, Frankfurt/Main;
 Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG), Düsseldorf

Geschäftsführender Herausgeber:
 Dr. Bernd Scherer,
 Lyoner Straße 18, D-60528 Frankfurt

Redaktionsassistentz:
 Brigitte Gfrerer

Redaktionsleitung:
 Dr. Rainer Metzner, KTBL, Bartningstr. 49,
 64289 Darmstadt-Kranichstein
 Telefon (061 51) 7 00 11 27,
 Telefax (061 51) 7 00 11 23
 E-Mail: landtechnik@ktbl.de

Redaktionsbeirat:
 Dr. H. de Baey-Ernsten (KTBL), Darmstadt;
 Dr. Ludger Frerichs, Harsewinkel;
 Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. h. c. H.-H. Harms,
 Braunschweig;
 Dr. habil. A. Herrmann (VDI-MEG),
 Düsseldorf
 Dipl.-Ing. Fred Koch, Hannover;
 Dipl.-Ing. agr. F. Stange (VDMA), Frankfurt
 © Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Gewähr übernommen werden.

Wissenschaftlicher Beirat:
 Prof. Dr. H. Auernhammer, Prof. Dr. Ir. J. de Baerdemaeker (B), Prof. Dr.-Ing. G. Bernhardt, Prof. Dr. F. J. Bockisch, Prof. Dr.-Ing. St. Böttinger, Prof. Dr. W. Büscher, Prof. Dr.-Ing. H. Eckstädt, Dr.-Ing. D. Ehlert, Prof. Dr. H.-W. Griepentrog (DK), Prof. Dr. J. Hahn, Prof. Dr.-Ing. H.-H. Harms, Prof. Ir. A.A. Jongebreur (NL), Prof. Dr. Th. Jungbluth, Prof. Dr. habil. Ing. A. Krysztofiak (PL), Prof. Dr. W. Lücke, Prof. Dr.-Ing. H. J. Meyer, Prof. Dr.-Ing. A. Munack, Prof. Dr. P. Pickel, DI Dr. J. Schrottmaier (A), Prof. Dr. H. J. Tantau, Prof. Dr.-Ing. G. Tátrai (HU), Dr.-Ing. D. Viesturs (LV)

Verlag und Anzeigenverwaltung:
 Landwirtschaftsverlag GmbH,
 Hülsebrockstraße 2, 48165 Münster

Briefanschrift:
 Landwirtschaftsverlag GmbH, 48084 Münster
 Tel. (025 01) 80 10, Telefax (025 01) 80 1204,
 E-Mail: zentrale@lv-h.de
 Internet: <http://www.lv-h.de>
 Postgiro Dortmund 289 21-466, (BLZ 440 100 46),
 Volksbank Münster Kto. 1004 031 300
 (BLZ 401 600 50).

Hauptgeschäftsführer: Karl-Heinz Bonny

Geschäftsführer: Hermann Birnberg
 Werner Gehring

Objektleiter: Reinhard Geissel

Verkaufsleiterin Anzeigen: Gabriele Wittkowski

Vertriebsleiter: Otto Kasberg

Anzeigenpreise:
 Zurzeit ist Anzeigenpreisliste Nr. 47 vom
 1. 1. 2007 gültig.

Anzeigenschluß:
 Am 25. des Vormonats.

Erscheinungsweise:
 Zweimonatlich, jeweils zum Monatsende.

Bezugspreise:
 Inland jährl. 162,60 € einschließlich Zustellgebühren und MwSt.
 Ausland jährl. 165,00 € einschließlich Versand Normalpost, Airmail gegen Mehrkostenberechnung.

Herstellung:
 LV Druck GmbH & Co.KG, Hülsebrockstr. 2,
 48165 Münster



Systemaufbau der Fütterungs- und Überwachungstechnik im Kälberstall zur Erfassung der relevanten Parameter hinsichtlich Futteraufnahme, Tierentwicklung und Gesundheitsstatus

System set-up of feeding and monitoring technologies in a calf shed to attain relevant regarding feed intake, animal development and health status parameters

Prozesssteuerung

- 283 Standards für den elektronischen Datenaustausch in der Landwirtschaft
- 286 Steer-by-Wire via ISOBUS
- 288 Real-time-Prozessführung eines sensorgestützten Düngesystems durch Multisensor Data Fusion Technik
- 290 Integration von Geschäfts- und Prozessinformation im landwirtschaftlichen Produktionsablauf
- 292 Modellierung von Arbeitsgespannen als Netzwerk autonomer Agenten



Inbetriebnahme eines Feldhäckslers mit elektrischem Einzugs- und Vorsatzantrieb auf dem Versuchsgut Hirschau

Initial operation of a forage harvester with electric intake and header drive at the Hirschau experimental farm

Tierhaltung

- 294 Krankheitsfrüherkennung in einem vernetzten Kälberaufzuchtssystem
- 296 Eine runde Bewegungsbucht mit Fixiermöglichkeit der Sau in den ersten Tagen post partum
- 298 Systeme zur individuellen und automatischen Erfassung von Leistungs- und Verhaltensparametern bei Legehennen in Gruppenhaltung

Arbeitswirtschaft

- 300 Arbeitszeitbedarf und Kosten von Entmistungsverfahren in Boxenställen für Pensionspferde

306 Documentation

Prof. Dr. H. Aunerhammer, Mitarbeiter des Lehrstuhls für Agrarsystemtechnik und Weihenstephaner Studenten zu Besuch bei Laverda in Breganze während der Landtechnischen Exkursion 2006 nach Italien

Prof. Dr. H. Auernhammer, Chair of Agricultural Systems Engineering staff members and students from Weihenstephan, visiting Laverda in Breganze during the Agricultural Engineering Excursion to Italy in 2006



Eine Ära geht zu Ende

Prof. Dr. Dr. habil. Hermann Auernhammer beendet seine aktive wissenschaftliche Laufbahn

Wer Prof. Auernhammer je in seiner souveränen, fachkundigen und zupackenden Art kennengelernt hat, wird es kaum glauben wollen, dass er zum 30. September 2007 emeritiert und in den Ruhestand verabschiedet wird. Dieser Anlass bietet ehemaligen Weggefährten, aber auch seinen aktuellen und ehemaligen Doktoranden die Gelegenheit, mit diesem Sonderheft der **LANDTECHNIK** sein wissenschaftliches Wirken und seine Persönlichkeit zu würdigen, ihm aber auch zu danken für seine immerwährende Bereitschaft, neue Forschungsgebiete zu erschließen, andere dafür zu begeistern und das erarbeitete Wissen weiterzutragen.

Im Vordergrund und im Mittelpunkt steht daher die Person Hermann Auernhammer. Am 23. August 1941 als 7. Kind der Landwirts-Eheleute Michael und Maria Auernhammer in Indernbuch Kreis Weißenburg/Bayern geboren, hatte er von Geburt an engen Kontakt zur Landwirtschaft. Quasi „vorbelastet“ durch das Elternhaus folgte nach dem Schulbesuch eine für viele Agrarwissenschaftler der „alten Schule“ typische Ausbildung: ab 1955 bis 1958 Landwirtschaftslehre mit Besuch der Landwirtschaftsschule und Gehilfenprüfung, anschließend eine mehrjährige Praxis-Tätigkeit als Gehilfe und landwirtschaftlicher Baumeister (Unterverwalter), unterbrochen von Auslands-Praktika in Schweden. Nach dem Grundwehrdienst folgte eine mehrjährige und vielseitige Studienzeit: 1964 bis 1967 Berufsaufbauschule und anschließend Ingenieurschule für Landbau in Nürtingen mit Erteilung der Hochschulreife, von 1967 bis 1971 Hochschulstudium der Landwirtschaft an der TU München/Weihenstephan, von 1972 bis 1973 pädagogisches Ergänzungsstudium für das Höhere Lehramt an beruflichen Schulen sowie 1973 und 1974 eine MTM-Lehrerausbildung.

Seine wissenschaftlich-landtechnische Laufbahn begann Prof. Auernhammer 1971 bis 1972 mit einem kurzen „Gastspiel“ am Institut für Landtechnik der TU München in Weihenstephan, im September 1973 wurde er am gleichen Institut von dem seinerzeitigen Direktor Prof. Dr. H.-L. Wenner fest angestellt. Zielstrebig erklomm er in der Folgezeit die Leiter als Wissenschaftler und Hochschullehrer Stufe um Stufe. 1975 promovierte er mit dem Thema „Eine integrierte Methode zur Arbeitszeitanalyse, Planzeit-

erstellung und Modellkalkulation landwirtschaftlicher Arbeiten, dargestellt an verschiedenen Arbeitsverfahren der Bullenmast“. 1990 folgte die Habilitation zum Dr. agr. habil. mit der Habilitationsschrift „Stallsysteme für die Milchviehhaltung im Vergleich - Methode und Ergebnisse“. Es folgten 1991 die Ernennung zum Privat-Dozenten, 1995 zum apl. Professor und 1996 zum C3-Universitätsprofessor und Extra-Ordinarius für Technik in Pflanzenbau und Landschaftspflege am Lehrstuhl für Landtechnik an der TU München/Weihenstephan.



Trotz des intensiven und geballten beruflichen Aufstieges blieb auch Zeit für ein ganz persönliches Ereignis. 1976 heiratete Prof. Auernhammer seine Ehefrau Marie Luise. Zwei Söhne gingen aus dieser Ehe hervor, beide treten - wenn auch auf anderen Gebieten - in die wissenschaftlichen Fußstapfen des Vaters.

Macht man den Versuch, die langjährige wissenschaftliche Tätigkeit von Prof. Auernhammer zu skizzieren, dann erhebt sich die Frage „wo anfangen - wo aufhören“? Denn die Aufzeichnung aller seiner Forschungsgebiete und -arbeiten liest sich wie das „what is what in agricultural engineering“ und würde den Rahmen einer solchen Würdigung sprengen. Deshalb können und sollen nur einige der wichtigsten Schwerpunkte herausgegriffen werden.

Schon in den frühen 70er Jahren, in einer Zeit also, da der Mechanisierung und Motorisierung der Landwirtschaft schier keine Grenzen gesetzt schienen, widmete sich Prof. Auernhammer mit Beharrlichkeit und

Nachdruck einem Fachgebiet, das zu jener Zeit in der Bundesrepublik Deutschland nahezu verwaist war, nämlich der Arbeitswissenschaft für die Landwirtschaft. Damit führte er das Erbe so renommierter Wissenschaftler wie Prof. Ries und Prof. Preuschen fort.

Es ist sicher auf seinen praktisch-fachlichen Werdegang zurückzuführen, dass ihn arbeitswirtschaftliche Fragestellungen in sämtlichen Bereichen der Landwirtschaft von Beginn seiner wissenschaftlichen Tätigkeit bis heute beschäftigten. Und das in einer Zeit, in der diese Fragen angesichts der rasanten Entwicklungen auf dem Ackerschlepper- und Landmaschinensektor vielfach als nebensächlich empfunden und dargestellt wurden. Er hatte jedoch erkannt, dass trotz allen technischen Fortschrittes der Mensch als steuerndes und bestimmendes Element in dem Regelkreis Mensch/Maschine/Umwelt unverzichtbar ist und dass Arbeitszeitbedarf, Arbeitsbelastung, Prozesssteuerung und -optimierung der arbeitswirtschaftlichen Situation nach wie vor eine zentrale Rolle bei der Planung, Durchführung und Bewertung landwirtschaftlicher Arbeitsverfahren spielen. Allein die Bandbreite seiner arbeitswirtschaftlichen Forschungsarbeiten, die über nahezu alle Bereiche der Landtechnik reichte, von der Traktortechnik über die pflanzliche und tierische Produktion bis hin zur Arbeitszeitanalyse, -kalkulation und -planung, beweist dies nachdrücklich.

Auf dem Schleppersektor beschäftigte er sich intensiv mit der Optimierung des Arbeitsplatzes auf dem Traktor und der Kopplung von Traktor und Gerät. Eine umfassende Analyse des Traktoreinsatzes in landwirtschaftlichen Betrieben führte zur konsequenten Erarbeitung neuer Traktorkonzepte für die wichtigsten Einsatzbereiche. In der Außenwirtschaft galt sein besonderes Interesse der Ermittlung und Kalkulation von Arbeitszeitbedarf und Arbeitsbelastung, aber auch der Umsetzung der Ergebnisse in eine Anwendersoftware für die Optimierung landwirtschaftlicher Arbeitsgänge. In neuerer Zeit galt sein besonderes Interesse der Verbesserung der arbeitswirtschaftlichen Situation in den kleinflächigen landwirtschaftlichen Betrieben und zur Erarbeitung eines Modells zur „virtuellen Flurbereinigung“. Seine Arbeiten im Bereich Tierhaltung gipfelten in der bereits zitierten Dissertation, die er im Rahmen seiner Tätigkeit als

Projektbereichsleiter im DFG-Sonderforschungsbereich 141 „Produktionstechniken der Rinderhaltung“ erarbeitete.

Ebenso wichtig war ihm auch die Umsetzung der gewonnenen Ergebnisse in den landwirtschaftlichen Betrieben. Ein besonders prägnantes Beispiel dafür ist der Aufbau des „landwirtschaftlichen Informationssystems Landtechnik“ in Zusammenarbeit mit der Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik in Tänikon/Schweiz. Ein Großteil der arbeitswirtschaftlichen Ergebnisse fand auch Eingang in die Kalkulationsdatensammlung des KTBL.

Vorausschauend und visionär, wie nun einmal seine hervorstechenden Eigenschaften sind, erkannte Prof. Auernhammer bereits 1973 die Faszination und Chancen des neuen Mediums „Elektronik“ auch für die Landtechnik und die Landwirtschaft. Er schuf nicht nur die Basis für den Aufbau der EDV in der gesamten Landtechnik Weihenstephan, sondern auch für deren praktische Nutzanwendung. Nach ersten, bescheidenen Ansätzen wie zum Beispiel der Entwicklung kleiner elektronischer Wetterstationen für die Ermittlung ortsspezifischer Klimadaten, aber auch der Realisierung von elektronischen Wiegemöglichkeiten in der Traktorhydraulik und im Ladewagen, folgte ab 1990 der „große Wurf“. Erstmals wurde im Rahmen des „Forschungsverbundes Agrarökosysteme München“ (FAM), dem er über viele Jahre hinweg als Mitinitiator und Projektleiter angehörte, auf dem Versuchsgut Scheyern das Prinzip der lokalen Ertragsermittlung während des Mähdreschereinsatzes realisiert. Die Koppelung von GPS-gestützter Positionsbestimmung der Maschinen im Feld mit einer permanenten Ertragsermittlung im Mähdrescher während des Druschvorganges machte es möglich, in hoher Dichte georeferenzierte Ertragsdaten zu erheben, diese elektronisch auszuwerten und daraus resultierende, hochauflösende Ertragskarten für weitere rechnergestützte produktionstechnische Maßnahmen wie etwa die Düngung zu verwenden. Nach einer Phase der technisch-elektronischen Optimierung konnten diese grundlegenden Arbeiten auf andere Ernteverfahren wie etwa die Futterbergung übertragen werden, wobei es hier gelang, weitere Parameter wie Erntegutfeuchte und Inhaltsstoffe online zu erfassen. Bei der Zuckerrüben-ernte wurde auf der Basis der lokalen Ertragsermittlung ein GPS-gestütztes Logistiksystem für die Rode- und Abfuhrplanung erarbeitet.

In logischer Konsequenz führten diese Arbeiten zur Entwicklung des Prinzips des „Precision Farming“. Zur Weiterentwicklung dieser Strategie initiierte Prof. Auernhammer 1998 die erste DFG-Forscherguppe am Wissenschaftszentrum Weihenste-

phan zum Thema „Informationssystem kleinräumige Bestandesführung“ (IKB). Von 1998 bis 2006 war er Sprecher des Forschungsprojektes. Dieses inzwischen abgeschlossene Forschungsvorhaben zählt weltweit zu den Pionierleistungen für eine differenzierte und optimierte, umweltgerechte wie kostensparende Landnutzung.

Besondere Verdienste erwarb sich Prof. Auernhammer beim Einsatz der Agrarelektronik für die Optimierung des Zusammenwirkens von Traktor und Gerät. Ein besonders prägnantes Beispiel für seine Erfolge auf diesem Gebiet ist die Entwicklung des „landwirtschaftlichen Bus-Systems“ LBS und die von ihm maßgeblich vorangetriebene Normung der Schnittstellen zwischen Traktor und Gerät (DIN 9684, ISO 11783). Erst hierdurch wurde die Möglichkeit für einen optimalen Geräteeinsatz und die kleinräumige Durchführung von produktionstechnischen Maßnahmen geschaffen. Dabei legte Prof. Auernhammer stets besonderen Wert auf eine enge und vertrauensvolle Zusammenarbeit mit den einschlägigen Industrieunternehmen im In- und Ausland. Er war immer ein gefragter und hochgeschätzter Gesprächspartner und Berater, seine Analysen und Empfehlungen wirkten in vielen Fällen befruchtend auf landtechnische Neu- und Weiterentwicklungen.

Sein ganz besonderes Interesse und Anliegen war es, eine grundsätzliche Ausbildung der Studierenden sicherzustellen. Das Spektrum der von ihm ab 1973 gehaltenen Lehrveranstaltungen reichte von der Arbeitslehre in Landwirtschaft und Gartenbau, über allgemeine Landtechnik und Technik in der pflanzlichen Produktion, landwirtschaftliche Prozesssteuerung, Steuerungs- und Regeltechnik landwirtschaftlicher Prozesse, Umwelttechnik im Pflanzenbau bis hin zur Verfahrenstechnik im „Precision Farming“. Dabei war er bestrebt, Ergebnisse der aktuellen Forschungsvorhaben quasi „hautnah“ in den Vorlesungsstoff einzuarbeiten. Darüber hinaus war er maßgebend am Aufbau eines internationalen Landtechnik-Studienganges beteiligt.

Ebenso lag ihm die Ausbildung und Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses am Herzen. Insgesamt 103 Diplomarbeiten, zwölf Bachelor- und Masterarbeiten sowie zwölf Dissertationen wurden unter seiner Ägide angefertigt und sind ein deutliches Zeichen seiner Fähigkeit, junge Menschen für die Landtechnik zu interessieren.

Es ist naheliegend, dass dieser vielseitige Hochschullehrer und Forscher auch als Publizist in jeder Hinsicht gefragt war und



Prof. Dr. em. Manfred Estler vertrat am Institut für Landtechnik die Technik in der Pflanzenproduktion

noch heute ist. 591 Veröffentlichungen, die Herausgabe oder Mitwirkung bei neun Fachbüchern (darunter Standardwerke wie „Landtechnik und Bauwesen“, „Landwirtschaftliche Arbeitslehre“ und „Elektronik in Traktoren und Maschinen“) sowie 630 Vorträge im In- und Ausland sprechen eine beredete Sprache. In fast

20 renommierten in- und ausländischen Fachgremien, denen er als Vorsitzender oder Mitglied angehörte, wurde und wird seine Fachkompetenz hoch geschätzt. So war er zum Beispiel fast 18 Jahre lang Vorsitzender des DLG-Ausschusses „Arbeitswirtschaft und Prozesssteuerung“ und über viele Jahre hinweg Vorsitzender des Programmausschusses der VDI/MEG-Fachtagung „Landtechnik“. Eine Vielzahl von Studienaufenthalten, Vortragsverpflichtungen und Gastvorlesungen führten ihn in sämtliche Teile der Welt. Im Gegenzug betreute er namhafte Gast- und Nachwuchswissenschaftler bei ihren Studienaufenthalten in Weihenstephan.

Bei einer derartigen Fülle von erfolgreichen Forschungsarbeiten war es nur folgerichtig, dass entsprechende Würdigungen und Ehrungen nicht ausblieben. Besonders hervorzuheben sind der Thurn & Taxis-Förderpreis, die Max-Eyth-Gedenkmünzen der DLG und der MEG, das Bundesverdienstkreuz, der Award of Outstanding Contributions der CIGR und der „Oscar“ unter den Landtechniker-Auszeichnungen, der „Internationale Digi Globe“ für den Bereich Wirtschaft und Politik. Als zweitem Weihenstephaner Wissenschaftler nach Prof. Haber wurde ihm 2001 die höchste Auszeichnung auf dem Umweltsektor, der „Deutsche Umweltpreis“ verliehen.

Prof. Auernhammer ist nach seinen Vorgängern Prof. Dr.-Ing. W.G. Brenner, Prof. Dr. H.-L. Wenner und Prof. Dr. H. Schön der Vierte in einer Reihe von herausragenden Wissenschaftlern und Hochschullehrern, die den Ruf und die Bedeutung der „Landtechnik Weihenstephan“ begründet und ausgebaut haben. Das überraschende Ausscheiden von Prof. Schön aus dem Institut im Jahre 2003 brachte eine neue Herausforderung für Prof. Auernhammer mit sich. Er wurde zum kommissarischen Leiter des Lehrstuhls berufen und es ist sein besonderes Verdienst, dass er gemeinsam mit seinen Mitarbeitern die Fortführung der vielfältigen Aufgaben in Forschung und Lehre nahtlos bewältigte. Dabei war dies eine Zeit des Umbruchs in vielerlei Hinsicht. Mit der Umorganisation von Weihenstephan zum „Wissenschaftszentrum Weihenstephan“ (WZW) und der

Eingliederung der bisherigen „Landesanstalt für Landtechnik Weihenstephan“ in die 2003 neu gebildete „Landesanstalt für Landwirtschaft“ waren tiefe Eingriffe in den Lehr- und Forschungsbetrieb verbunden. Aus dem bisherigen, renommierten Institut für Landtechnik wurde ein Lehrstuhl, neue Departments wurden gebildet, bis letztendlich die heutige Bezeichnung „Agrarsystemtechnik“ im „Department Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und biogene Rohstoffe“ festgelegt wurde. Damit soll auch nach außen hin eine Verknüpfung von Altherge-

brachtem und Bewährtem mit den aktuellen und künftigen Anforderungen an die Agrartechnik dokumentiert werden. Wie wohl keiner seiner drei Vorgänger musste er sich aber auch neben den alltäglichen Problemen, wie zum Beispiel der Beschaffung von Mitteln für die Finanzierung der Forschungsvorhaben und insbesondere der vielen frei finanzierten Mitarbeiter, für den Erhalt und das Weiterbestehen dieses weltweit anerkannten und geschätzten landtechnischen Lehrstuhls einsetzen. Er hat dies mit Beharrlichkeit und Standfestigkeit gegen mancherlei Wider-

stände getan, vor allem aber aus der Überzeugung vom Wert und der Bedeutung der hier durchgeführten Arbeiten sowie der Verpflichtung den Mitarbeitern und den Studierenden gegenüber. Wenn dies hoffentlich gelingen sollte, wäre dies wohl mit das größte Verdienst, das er sich erworben hat.

Seine Landtechnik-Kollegen, die ehemaligen und derzeitigen Schüler und die Mitarbeiter danken Prof. Auernhammer für alles und wünschen ihm weiterhin „eine gute Zeit“.

Manfred Estler

Macher in der VDI-MEG: Prof. Dr.agr. Dr.agr.habil. Hermann Auernhammer

Prof. Dr. agr. Dr. agr. habil. Hermann Auernhammer ist in der Branche als Vollblut-Agrartechniker bekannt, der wissenschaftlich-visionär vorausdenkt, aber immer auch auf praktische und umsetzbare Ergebnisse großen Wert legt. Somit genießt er sowohl unter den Wissenschaftlern als auch unter Vertretern der Industrie und der landwirtschaftlichen Praxis höchstes Ansehen. Seine Tatkraft spiegelt sich auch in seiner Mitwirkung in Vereinen und Verbänden wider.

Bereits vor seiner Berufung zum Professor für Technik in Pflanzenbau und Landschaftspflege wurde Auernhammer im Jahr 1990 von der Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik e.V. (MEG) mit der Max-Eyth-Gedenkmedaille geehrt. Die Auszeichnung erhielt er in Würdigung seiner Verdienste um die Erarbeitung wissenschaftlicher Methoden zur Analyse und Bewertung landtechnischer Arbeitsverfahren und für die Entwicklung vernetzter rechnergestützter Produktionsverfahren. In der MEG war er schon in der Zeit vor dem Zusammenschluss von MEG und VDI-Fachgruppe im Vorstand tätig.

Seit dem 1. Januar 1998 ist Prof. Auernhammer Mitglied im Beirat der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG). Gleichzeitig wurde er in den Vorstand der Gesellschaft gewählt. Sitzungsgemäß schied er am Ende des Jahres 2006 aus dem Vorstand aus. In den beiden leitenden Gremien der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI setzte er sich insbesondere für den Ausbau des wissenschaftlichen Netzwerkes in Europa und weltweit ein. Ein Schwerpunkt seines Engagements war die Weiterentwicklung der Tagung LAND-TECHNIK. Er ist seit 1996 Mitglied des Programmausschusses. Von

1998 bis 2003 hatte er den Vorsitz in diesem Gremium inne. Prof. Auernhammer setzte sich vehement dafür ein, dass die Tagung im Jahr 2001 erstmals in Hannover als Auftaktveranstaltung zur AGRITECHNICA stattfand. Inzwischen bestätigen die Teilnehmerzahlen von weit über 500 die Richtigkeit dieser Entscheidung. In Weiterentwicklung des Konzeptes wird nicht zuletzt auf Initiative von Prof. Auernhammer hin die Tagung im Jahr 2007 erstmals komplett englischsprachig und in enger Zusammenarbeit mit der EurAgEng stattfinden.

Dass Prof. Auernhammer gern als Außenminister unserer Gesellschaft bezeichnet wird, macht die Bedeutung seines internationalen Engagements deutlich. So hat er auch für die Arbeit der internationalen Verbände CIGR und EurAgEng höchst wertvolle Beiträge geleistet. Ob es die Kapitel für das CIGR-Handbook sind oder die Vorträge auf allen Kontinenten, ob es die Vorbereitung von internationalen Konferenzen oder der Vorsitz von Special Interest Groups (SIG) ist, Prof. Auernhammer hat mit unglaublicher Energie und Effizienz - hin und wieder auch bis an die eigenen Belastungsgrenzen - die deutsche Agrartechnik international vertreten und bekannt gemacht.

Im Arbeitskreis Forschung und Lehre der VDI-MEG, in dem alle Agrartechnik-Professoren Deutschlands mitwirken, hat Prof. Auernhammer die Erstellung einer Forschungsprojektdatenbank und einer Datenbank von weit über 400 agrartechnischen Dissertationen nicht nur angeregt, sondern

auch in seinem Institut erarbeitet. Damit stehen der Branche zwei ideale Archive und Recherchemöglichkeiten zur Verfügung (www.vdi.de/akff).

Die studentische Ausbildung liegt Prof. Auernhammer besonders am Herzen. Aktiv war er an der Erstellung des VDI-MEG-Papiers „Bachelor und Master in der agrartechnischen Ausbildung“ beteiligt. Und in der Forschungsförderung setzt er sich seit Beginn der Initiative für die europäische Plattform MANUFUTURE AET (Agricultural Engineering and Technologies) ein, die dazu beiträgt, agrartechnischen Themen in der EU-Kommission Gehör zu verschaffen.

Aufgrund seiner herausragenden fachlichen Arbeit wurde Prof. Auernhammer über den VDI für den Deutschen Umweltpreis der Deutschen Bundesstiftung Um-

welt vorgeschlagen. Prof. Auernhammer erhielt den Preis 2001 für seine herausragenden wissenschaftlichen und praktischen Arbeiten zur Entwicklung und Anwendung moderner Informations-, Sensor- und Ortungssysteme für eine effektive und umweltgerechte landwirtschaftliche Produktion, die unter der Bezeichnung „Precision Farming“ bekannt geworden sind.

Prof. Auernhammer geht in den Ruhestand. Die Verbände und insbesondere die Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI haben ihm viel zu verdanken. Sie werden weiterhin auf seine Mitwirkung und seinen reichen Erfahrungsschatz bauen.

Ludger Frerichs



Dr. Ludger Frerichs ist Vorsitzender der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI

Prof. Dr. Hermann Auernhammer - international gesehen

Zur Emeritierung von Prof. Hermann Auernhammer nutze ich gerne die Möglichkeit, um ihm im Namen des Europäischen Vereins der Agrartechniker (EurAgEng) in dieser LANDTECHNIK-Sonderausgabe zu danken. Dabei will ich ein Bild von Prof. Hermann Auernhammer als Wissenschaftler zeichnen und seine Bedeutung für EurAgEng erläutern.



Prof. Dr. Aad A. Jongebreur ist Präsident der EurAgEng

Hermann Auernhammer als Wissenschaftler
Prof. Auernhammer hat seine wissenschaftliche Karriere im Bereich der Arbeitswirtschaft gestartet. Dort ist es notwendig sehr genau zu messen und zu definieren. Normierung spielte damals in den 60er und 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts eine wichtige Rolle. Meiner Meinung nach hat diese Weise des Denkens und Analysierens seine weitere wissenschaftliche Arbeit stark beeinflusst. Ich kenne mehrere Kollegen aus dem Bereich Automatisierung und Datenmanagement mit einem ähnlichen Hintergrund.

Als Wissenschaftler ist Prof. Hermann Auernhammer besonders bekannt geworden durch seine Arbeiten auf dem Gebiet der Automatisierung und der informationstechnologischen Anwendungen in der Landwirtschaft. Stichwörter dabei sind Talent und Kreativität. Wobei das Eine das Andere bedingt. Es kommt darauf an, mit technischen Fähigkeiten, Kenntnis und Einsicht Dinge zu erarbeiten und zu beschreiben, die in aller Regel neu sind und mithin unbekannt. Oder neue Kombinationen von bekannten Tatsachen, Interpretationen und Auffassungen, die buchstäblich unerhört sind. Damit ist in Kürze die wissenschaftliche Arbeit von Hermann Auernhammer charakterisiert. Bei den

Ergebnissen war das Dreieck Praxis- Informationstechnologie- Industriebetriebe wichtig für Prof. Auernhammer. Für junge Agrartechniker ist er in der Kenntniserweiterung und im ausdauernden Suchen nach Anwendungsmöglichkeiten innovativer Technologie ein Vorbild.

Historisch ist für das Datenmanagement in der Milchviehhaltung mit der elektronischen Kraftfutterzugabe in

den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts der Anfang neuer Möglichkeiten eingeleitet worden. Die modernen Techniken in der Informationstechnologie wie etwa Sensoren für Informationsgewinnung, Datenkommunikation und -speicherung haben in den letzten Jahrzehnten viel an wissenschaftlicher Arbeit erfordert. Hermann Auernhammer hat mit viel Sinn für Praxis und Industriebetriebe Pionierarbeit für die Anwendung der Elektronik in der Agrartechnik geleistet. Definieren und Standardisieren sind Stichwörter seiner Arbeit und damit hat er einen großen Beitrag geleistet für die praktische Anwendung moderner Techniken in der Landwirtschaft. Das betrifft sowohl standardisierte Kommunikationssysteme zwischen Traktoren und Maschinen als auch die noch notwendige Standardisierung in der Tierhaltung. Man muss dabei bedenken, dass ohne Standardisierung die für eine nachhaltige Landwirtschaft wichtige Präzisionslandwirtschaft praktisch keine Anwendungsmöglichkeiten hat. Für viele dieser Anstrengungen gilt der etwas modifizierte Spruch von Einstein "Politik ist für den Moment; eine Gleichung (Algorithmus) ist für immer."

Hermann Auernhammer und EurAgEng
Im Rahmen der Europäischen Vereinigung der Agrartechniker (EurAgEng) hat Prof. Auernhammer einen wichtigen Platz eingenommen. Erstens hat er bei der Teilnahme an den AgEng Konferenzen Vorträge gehalten über sehr verschiedene Gebiete der Agrartechnik, so von Stallsystemen in der Tierhaltung bis zum Agricultural Process Data Service (APDS). Zudem ist Hermann Auernhammer Vorsitzender der sogenannten Special Interest Group (SIG) "Informationstechnologie".

In den Monaten April und Juni 2003 hat Prof. Auernhammer in der Sitzung des EurAgEng-Vorstandes zwei Vorträge gehalten und seine Auffassung zur Organisation unserer zweijährigen AgEng Konferenzen dargelegt. Kurz und bündig hat er den Vorstand überzeugt, dass Zusammenarbeit mit den Industrieunternehmen für die Position von EurAgEng wichtig ist. Er hat dabei argumentiert, dass die Kombination mit der Agritechnica eine Chance bietet, um Zusammenarbeit und einen besseren Dialog zu verwirklichen. Danach ist man zwischen VDI-MEG/DLG und EurAgEng durch Vermittlung von Dr. Frerichs und Prof. De Wrachien übereingekommen, 2007 eine gemeinsame Konferenz vor der Agritechnica zu organisieren. Diese internationale Tagung LANDTECHNIK AgEng 2007 „Engineering Solutions for Energy and Food Production“ wird am 9. und 10. November in Hannover durchgeführt. Ich bin davon überzeugt, dass Hermann Auernhammer die Grundlage für eine noch engere Zusammenarbeit geschaffen hat.

Die Kollegen im Europäischen Verein der Agrartechniker grüßen Prof. Hermann Auernhammer herzlich und danken ihm für die Kreativität im breiten Fachgebiet der Agrartechnik. Sie wünschen ihm und seiner Familie viel Freude und Wohlergehen für die Jahre im Ruhestand. *Aad A. Jongebreur*

Hello Hermann

Speaking as a former Vice President of American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE), I congratulate you for your outstanding career and your many accomplishments in the field of agricultural engineering as you approach retirement at the end of September. You have had a profound influence on the application of intelligent machines in agriculture and have left a lasting mark on the profession. Your work is

widely known and is often quoted by your colleagues around the world.

You have been an active member of ASABE for many years and have contributed to the profession in many ways. Particularly noteworthy was your role in organizing the highly successful conference „Automation Technology in Off-Road Equipment“ (ATOE) in Bonn in September 2006.



Prof. em. Dr. Bill A. Stout, Ph.D., Vice-President ASABE, 1993-1996, President CIGR, 1999-2000 and Coordinator CIGR Ejournal

I wish you as much success in your retirement years as you have had during your long professional career. I look forward to continue work with you in ASABE and CIGR for the enhancement of the profession of agricultural engineering worldwide.

Best regards. Sincerely,
Bill A. Stout

Zur Emeritierung von Professor Hermann Auernhammer

Mit Professor Hermann Auernhammer wird ein Landtechnik-Kollege emeritiert, der in vielfältiger Weise nationales und internationales Ansehen genießt. Seitens der Internationalen Kommission für Agrartechnik (CIGR) ist sein stetes Engagement in der Repräsentierung seines Wissens auf internationalen Kongressen und Tagungen besonders hervorzuheben. Er hat die Arbeiten aus seinem Hause auf den großen internationalen CIGR-Kongressen und Tagungen insbesondere der letzten zehn Jahre vorgetragen und damit dazu beigetragen, das Ansehen der deutschen Agrartechnik auf internationaler Ebene zu erhöhen. Seine Fachbeiträge zum CIGR E-Journal Agricultural Engineering International sowie zum CIGR Handbook of Agricultural Engineering (Volumes III und VI) doku-



Prof. Dr.-Ing. Axel Munack ist Institutsleiter am Institut für Technologie und Biosystemtechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) und war 2003/2004 Präsident der CIGR.

mentieren sein Bestreben, sein Fachwissen international einzubringen und weiterzugeben. Diese Publikationen, die sich mit Präzisionslandwirtschaft und Kommunikationssystemen und deren Normung beschäftigen, genießen in der Fachwelt hohes Ansehen und sind häufig zitiert worden. So war es nur folgerichtig, dass Hermann Auernhammer in das Section Board der CIGR Section VII „Information Systems“ berufen wurde. Auch dort weiß man sein stetes Engagement und Fachwissen zu schätzen. Neben diesen fachwissenschaftlichen Aspekten soll aber auch sein persönliches Engagement besonders gewürdigt werden. So sind Anfragen an ihn – gleich welchen Inhalts – nie unbeantwortet geblieben. Stets hat er sich selbst, seine Erfahrung, sein Wissen und auch seine



Prof. Dr.-Ing. Peter Schulze Lammers vertritt die Technik in der Pflanzenproduktion am Institut für Landtechnik der Universität Bonn und war bis 2006 Generalsekretär der CIGR.

vielfältigen wissenschaftlichen Kontakte vorbehaltlos in den Dienst der Sache gestellt. Diese große Zuverlässigkeit und Hilfsbereitschaft sind gerade in den heutigen hektischen Zeiten, zu denen man selten

Freiwillige für zusätzliche Aufgaben findet, weil sich jeder ja permanent mit vielen Verpflichtungen überhäuft fühlt, ganz besonders zu würdigen.

Wir danken Hermann Auernhammer für seine vielfältigen Aktivitäten auf der internationalen Bühne der Agrartechnik und wünschen ihm für die Zukunft alles Gute! Dabei hoffen wir, dass auch in den kommenden Jahren die Möglichkeit besteht, gelegentlich einen wertvollen Ratschlag von ihm zu erlangen.

Axel Munack und Peter Schulze Lammers

Grüßwort des Club of Bologna

Im Namen des Vorstands des internationalen „Club of Bologna“ und seines derzeitigen Präsidenten Prof. Dr.-Ing. Ettore Gasparetto übermittle ich herzliche Grüße an Prof. Dr. Hermann Auernhammer, der sich als Vollmitglied durch seine aktive Mitarbeit und seine substanziellen Beiträge im Club hohes Ansehen erworben hat.

Der Club of Bologna wurde 1988 als unabhängige agrartechnische Akademie gegründet. Er arbeitet unter dem Motto: „Strategies for the Development of Agricultural Mechanisation“ und wird seit Beginn in erheblichem Umfang durch die italienische Industrievereinigung UNACOMA finanziell unterstützt (LANDTECHNIK 61 (2006), H. 2, S. 110-111).

Prof. Auernhammer ist bei uns seit zehn Jahren aktiv. 1997 hatten wir ihn als „Key-note speaker“ zu einem Vortrag eingeladen mit dem Titel „Role of electronics and decision support systems for a new mechanisation“. Zum gleichen Schwerpunkt sprachen damals nach ihm noch J. Schueller (USA), A. Rider (USA) und W. v. Allwörden (D).

Wenn man den heute erreichten Stand betrachtet, haben Auernhammer und die drei Folgeredner seinerzeit eine beeindruckende internationale Vision der fortzuentwickelnden Elektronik und Informationstechnik in

der Agrartechnik gegeben - mit einer Reihe wichtiger, strategischer Anstöße, wie es das Ziel des Clubs ist. Das komplexe Gebiet, das zumindest international noch relativ neu war, benötigte und benötigt wohl noch immer ein hohes Maß an Kommunikation und Strukturierung. Die Zeit um 1997 war auch deswegen besonders bedeutsam, weil die Arbeiten zu dem großen internationalen Normenwerk ISO 11783 (ISO-BUS) in eine ernst zu nehmende Phase eintraten - mit auch vielen Schwierigkeiten. Auernhammer erkannte trotz des von ihm wesentlich mitgestalteten „LBS“ die Bedeutung einer internationalen Norm, ging darauf in seiner Präsentation 1997 unterstützend ein, listete Ziele und Empfehlungen, Forderungen und Lösungsansätze auf und wies auch frühzeitig auf die Rolle von Sicherheit und Diagnosefähigkeit hin.

Mit seiner umfassenden Darstellung gab er ein überzeugendes Debüt, so dass wir ihn spontan und einstimmig als Full Member in den Club aufnahmen, dem er bis heute angehört. Weitere Vorträge als Key-note speaker folgten. Hinzu kam eine große Zahl von Diskussionsbeiträgen – auch zu anderen Themen.



Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h.c. Karl-Th. Renius ist Mitgründer und Mitglied des „Management Committee“ des Club of Bologna

So wurde und ist er aus der Sicht der Clubfamilie eine große Bereicherung, stets hervorragend informiert und aufgeschlossen. Typisch bei seinen Einlassungen der „ansteckende Auernhammer-Schwung“ oder auch mal die „überraschende Auernhammer-Querdenke“ - zuweilen unbequem, aber neue Strategien brauchen Anstöße.

Wir schätzen ihn als hilfsbereiten und trotz vieler Verpflichtungen verlässlichen Kollegen, der zu unserem vertrauensvollen, in vielem herzlichen Klima nicht nur gut passt, sondern auch selbst dazu beiträgt. Im Zeitalter der Globalisierung Brücken zu bauen, auch dazu treffen wir uns.

Es würden sich wohl alle Clubmitglieder – ich selbst eingeschlossen – sehr freuen, wenn Prof. Auernhammer den verdienten Ruhestand noch nicht sogleich auch auf den Club of Bologna ausdehnen würde. Davon unabhängig wünschen wir ihm aber einen guten Übergang, mehr Zeit für private Interessen und viele schöne, neue Erfahrungen.

Karl-Th. Renius

Grüßwort

Die Mitgliedsunternehmen des VDMA Landtechnik und ich persönlich möchten sich bei Prof. Auernhammer sehr herzlich für sein Engagement für den Elektronikeinsatz in der Landtechnik bedanken.

Am 23. Juni 1987 fing alles an. Prof. Dr. Auernhammer hatte trotz viel anfänglicher Skepsis die landtechnischen Normungsgremien von der Notwendigkeit einer standardisierten BUS-Schnittstelle überzeugt und unter seiner Leitung begann eine Ad-hoc-Gruppe mit der Entwicklung der LBS-Norm, der Vorgängerin von ISOBUS.

Seiner Überzeugung vom Nutzen für den Landwirt, seiner Beharrlichkeit und seinem unermüdlichen Engagement ist es zu verdanken, dass aus der damaligen Vision Realität geworden ist.

„Elektronik in der Landwirtschaft“ und „Auernhammer“ sind längst zum Synonym geworden. Sein „Schaubild Bus-System“ wurde nicht nur von Anfang an als Arbeitsgrundlage für die Normung akzeptiert, sondern dient(e) sehr schnell in einer Vielzahl von Veröffentlichungen als Standard-Referenz zur Beschreibung des Datenaustau-

ches in der Landwirtschaft. „Precision Farming“, Prozesssteuerung in der Außen- und Innenwirtschaft oder neue Bewirtschaftungsformen sind Beispiele für seine Interessen und Arbeitsschwerpunkte. Sie zeigen auch seine enge Verbundenheit mit der Landwirtschaft und die daraus resultierende Motivation, Arbeitsbedingungen zu erleichtern, Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz zu verbessern oder einfacher gesagt, der Landwirtschaft neue Perspektiven zu geben.

Innovatoren müssen viel Überzeugungsarbeit leisten und andere begeistern können. Prof. Auernhammer kann das.

Er warb in einer Vielzahl von Veranstaltungen und „Meetings“ für die gemeinsame Sache, führte Hersteller, Beratung und Wissenschaft immer wieder zusammen. Das internationale Komitee „Elektronik in der Landwirtschaft“ wurde von ihm mitinitiiert und maßgeblich geprägt. Prof. Auernhammer übernahm auch die Mittlerrolle zwi-



Hermann Merschroth ist Vorsitzender VDMA Landtechnik

schen Europa und USA. Ihm gelang es, die nicht selten unterschiedlichen Positionen anzunähern und Konsens herzustellen. Seine „Brücken“ erwiesen sich als tragfähig und langlebig und sind auch heute Basis für den internationalen, gemeinsamen Dialog.

Heute können, müssen und wollen wir gemeinsam feststellen: der frühzeitige Einstieg, die Fortschritte und der heutige Stand bei der Elektronikanwendung in der Landwirtschaft und Landtechnik sind das große Verdienst von Prof. Auernhammer. Er war und ist der Wegbereiter. Die Landtechnikindustrie, der VDMA und die Normengruppe Landtechnik profitier(t)en von seinem Sachverstand und Engagement, seinen Ideen und seiner scheinbar unerschöpflichen Kraft, den Prozess voranzubringen. Dafür möchten wir alle uns sehr herzlich bedanken.

Hermann Merschroth



**Choose the Original
Choose Success!**

**Be sure it's
original technology!**

www.vdma.org/original

Eine Kampagne des



Michael Gallmeier, Freising

Elektrische Baugruppenantriebe – eine Alternative zur Hydraulik?

Mit zunehmend steigenden Kosten für Kraftstoffe wird die Forderung der Nutzer nach Optimierung des Betriebsmitteleinsatzes immer lauter. Einen direkten Ansatz dazu bietet die Steigerung der Wirkungsgrade der Antriebstechnik. Aufgrund positiver Erfahrungen haben elektrische Antriebssysteme zunehmende Verbreitung im stationären Bereich gefunden [1]. Für den mobilen landtechnischen Bereich muss aber ein anderes, weiter gefächertes Einsatzspektrum berücksichtigt und die Eignung eines elektrischen Antriebsstrangs bezüglich anderer Kriterien bewertet werden.

Dipl.-Ing. (FH) Michael Gallmeier ist wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik (komm. Leitung: Prof. Dr. agr. Dr. agr. habil. Hermann Auernhammer) der TU-München, Am Staudengarten 2, 85354 Freising; e-mail: michael.gallmeier@wzw.tum.de.

Schlüsselwörter

Antriebsstrang, elektrische Antriebe, Wirkungsgrad

Keywords

Power train, electric drives, efficiency factors

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07SH21 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

In Zusammenarbeit mit der Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH wurde ein Projekt mit der Zielsetzung initiiert, elektrische und die heute typischen hydraulischen Baugruppenantriebe bezüglich ihrer Eignung als verteilt einsetzbare drehzahlvariable Baugruppenantriebe vergleichend zu bewerten. Eines der wesentlichen Kriterien ist dabei der Wirkungsgrad der Leistungsübertragung. Besonders zu beachten im Vergleich zu Industrieanwendungen sind die stark schwankenden Betriebspunkte durch dynamische Lastmomente oder Drehzahlen. Deshalb ist neben einer stationären Wirkungsgradbetrachtung auch eine unter typischen dynamischen Lasten notwendig.

Ziel des Projektes ist es deshalb, zwei vergleichbare Systeme zu bewerten und die Eignung der elektrischen Lösung im Feldversuch unter Beweis zu stellen.

Elektrisches Prototypantriebssystem

Dazu wurden im Projektverlauf beispielhaft die Baugruppen Einzug und Vorsatz eines Feldhäcklers auf elektrische Antriebe umgerüstet. Der Auslegung liegen Belastungsdaten der hydraulischen Baugruppenantriebe aus Feldversuchen während der Erntekampagne 2005 zu Grunde. Bild 1 zeigt das diesel-elektrische Antriebssystem des Prototyps. Dieses ist sowohl konstruktiv als auch von Bedienung und Steuerung her vollständig in die Serienmaschine integriert. Die Axialkolbenschenkwippen der beiden unabhängigen geschlossenen hydraulischen Kreise sind durch einen gemeinsamen permanenten Synchrongenerator ersetzt, welcher über eine Diodengleichrichterbrücke einen Zwischenkreis mit va-

riabler Zwischenkreisspannung speist. Auf der motorischen Seite kommen Reluktanzmotoren mit im Klemmkasten integrierten Umrichtern zum Einsatz. Für den Betrieb des Einzuges ist der hydraulische Einzugsmotor direkt gegen einen elektrischen getauscht. Der vorher zentral in der Grundmaschine verbaute hydraulische Vorsatzantrieb hingegen ist aufgeteilt auf zwei Elektromaschinen. Durch die Integration ins Schneidwerk bietet dies die Möglichkeit zur Einsparung mechanischer Übertragungselemente. Die gemeinsame Schnittstelle zwischen Hydraulik und Elektrik bildet hier das Kettenradgetriebe. Sowohl Generator als auch Motoren und Leistungselektronik sind wassergekühlt ausgeführt, um die Leistungsdichte zu steigern und die Kühlung auch unter Feldbedingungen zu gewährleisten. Eine Einbindung in den Fahrzeugkühlkreislauf ist durch das niedrigere geforderte Temperaturniveau in der aktuellen Ausbaustufe noch nicht möglich, weshalb ein eigener Kühlkreis notwendig ist. Zur Drehzahlregelung der Motoren wird zum einen der eingepreßte Strom der Pumpenansteuerung zur Steuerung der Schnittlänge und zum anderen die Dieselmotordrehzahl zur Anpassung der Grunddrehzahl ausgewertet.

Methodik zur Bewertung von Antriebssträngen

Der Bewertung des Wirkungsgradverhaltens und damit der Ausnutzung der Primärenergie im elektrischen Prototypsystem und in

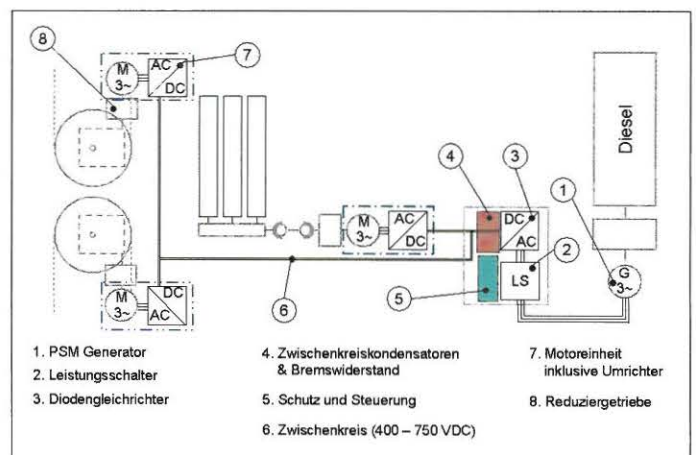


Bild 1: Elektrischer Antriebsstrang für Einzug und Vorsatz

Fig. 1: Electric power train for the modules intake and header

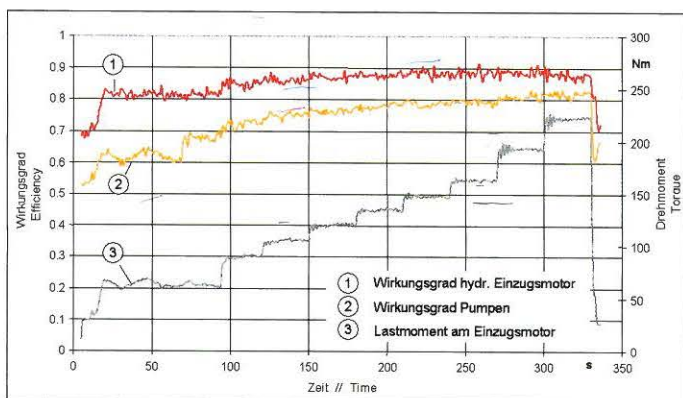


Bild 2: Wirkungsgradverhalten von hydraulischem Einzugsmotor und Pumpen bei stufenweiser Erhöhung des Lastmoments an Einzug und Vorsatz (Dieselmotordrehzahl = 1750 min⁻¹, theor. Häcksellänge = 8 mm)

Fig. 2: Efficiency factor ratios of the hydraulic intake drive and of the pumps at different load levels

der hydraulischen Serienlösung liegen reproduzierbare Prüfstandsversuche im DLG Testzentrum für Landtechnik und Betriebsmittel in Groß-Umstadt zu Grunde. Als regelbare Lastmaschine dient dabei der DLG-Powermix Zugleistungsmesswagen [2]. Dazu wurde der Vorsatzantrieb inklusive aller mechanischen Übertragungselemente über ein Summiergetriebe an die Gelenkwellschnittstelle des Prüf-LkW gekoppelt. Da nur eine mechanische Schnittstelle zur Verfügung steht, wurde der Einzugsmotor über ein hydraulisches Pumpenaggregat und die hydraulische Schnittstelle belastet.

In stationären Messungen wurde das Verhalten unter Lastniveau zwischen 10 und 140 % des Nennmomentes bei jeweils unterschiedlichen Häcksellängen von 6, 8 und 10 mm untersucht. Außerdem ist eine Differenzierung unterschiedlicher Dieselmotordrehzahlen angezeigt. Zum einen hat im hydraulischen Triebstrang eine Variation der Dieselmotordrehzahl eine Anpassung der Baugruppendrehzahl zur Folge, zum anderen schwankt im elektrischen System zusätzlich die Zwischenkreisspannung. Dies hat bei gleichen Leistungen an den Baugruppen unterschiedliche Effektivströme zur Folge und ändert somit wesentliche Betriebsparameter der Elektromaschinen. Obige Variationen wurde deshalb für Dieselmotordrehzahlen zwischen 1500 und 1850 min⁻¹ mit einer Abstufung von 50 min⁻¹ untersucht.

Die Wirkungsgradmessungen basieren sowohl bei der Hydraulik als auch bei der Elektrizität auf Messung der mechanisch eingespeisten und genutzten Leistung über Drehmomentmessnaben an Pumpen/Generator, Einzug und Vorsatz. Bei der Hydraulik wurden zusätzlich die umgesetzte hydraulische Leistung an Pumpen und Motoren über Druckdifferenz und Volumenstrom sowie die Temperatur des Öls dokumentiert. Beide Baugruppen wurden dazu am DLG-Zugleistungsmesswagen parallel mit den Prüfzyklen beaufschlagt, so dass auch für Pumpen und Generator eine typische Belastung gegeben ist. Auf Seite des elektrischen Triebstranges wurden in drei Durchgängen nacheinander

das Verhalten des Generators, das des Einzugsmotors und das Verhalten des Gesamtsystems über ein 4-kanaliges Leistungsmessgerät ermittelt. Eine parallele Ermittlung war mangels eines mehrkanaligen elektrischen Leistungsmessgerätes nicht möglich. Für die Beurteilung des Kühlsystems wurden die Temperaturen jeweils im Kühlwasserrücklauf der Aggregate, am Kühlerein- und Kühlerausgang und in den Wicklungsköpfen von Generator und Einzugsmotor aufgezeichnet.

Wirkungsgrade im Vergleich

Bei der Betrachtung der Einzelaggregate treten deutliche Unterschiede zwischen der motorischen und generatorischen/pumpenseitigen Energiewandlung zu Tage. Auf der motorischen Seite sind die Wirkungsgrade der Wandlung annähernd identisch. Für den hydraulischen Einzugsmotor schwanken die erzielbaren hydraulisch-mechanischen Wirkungsgrade unter Volllast bei unterschiedlichen Dieselmotordrehzahlen und bei einer eingestellten Häcksellänge von 8 mm zwischen 89,8% und 87,2%. Im Teillastbereich mit einer Belastung von 30% M_N werden immer noch Wirkungsgrade über 81% erreicht. Bild 2 zeigt das Wirkungsgradverhalten und den Verlauf des Lastmomentes des hydraulischen Einzugsantriebes und der Pumpen bei unterschiedlichen Belastungsstufen an Einzug und Vorsatz bei einer theoretischen Häcksellänge von 8 mm und einer Dieselmotordrehzahl von 1750 min⁻¹. Der elektrische Einzugsantrieb schwankt unter Volllast zwischen 88,1% und 90,6%. Im Teillastbereich sinken die Wirkungsgrade bis auf 80,7% ab.

Deutliche Vorteile für das elektrische System resultieren hingegen aus der wesentlich effizienteren Bereitstellung der elektrischen Leistung. Unter Volllast bieten Generator und Gleichrichterbrücke rund 95%. Die Wirkungsgrade der hydraulischen Pumpen variieren zwischen 78,2% und 82,5%. Bild 3 spiegelt die vergleichbare Situation zu Bild 2 am elektrischen Antriebsstrang wider und

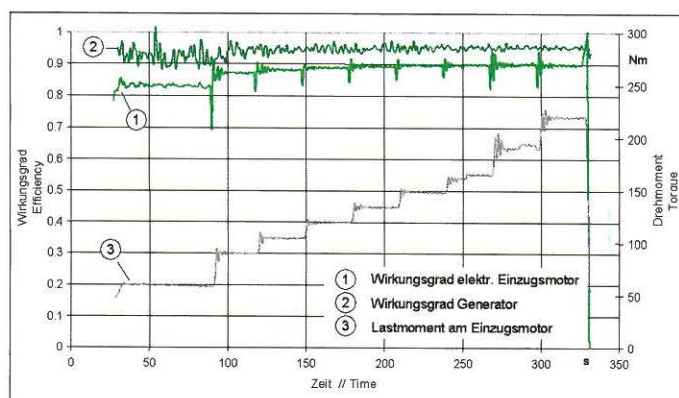


Bild 3: Wirkungsgradverhalten von elektrischem Einzugsmotor und Generator bei stufenweiser Erhöhung des Lastmoments an Einzug und Vorsatz (Dieselmotordrehzahl = 1750 min⁻¹, theoretische Häcksellänge = 8 mm)

Fig. 3: Efficiency factor ratios of the electric intake drive and of the generator at different load levels

stellt Wirkungsgrad und Momentenverlauf an Einzugsmotor und Generator dar. Auffällig ist insbesondere der auch im Teillastbereich konstant hohe Wirkungsgrad des Generators. Die Pumpen zeigen eine wesentlich stärkere Lastabhängigkeit.

Für den hydraulischen Gesamtantriebsstrang resultiert damit unter Volllast ein Wirkungsgrad von kleiner 70%. Im elektrischen Triebstrang hingegen sind Wirkungsgrade in der Leistungsübertragung von etwa 85% realisiert. Dies ist zum einen auf die effektivere generatorische Wandlung, zum anderen aber auch auf die Einsparung mechanischer Übertragungsglieder in der Antriebskette des Vorsatzes zurückzuführen.

Bauvolumen und Leistungsgewicht

Im Gegensatz dazu stellt sich das Leistungsgewicht der Elektrik der hier verwendeten Komponenten als nachteilig dar. Bezogen auf den häufigsten Betriebspunkt weist der hydraulische Einzugsmotor eine Leistungsgewicht von etwa 1 kg/kW auf, der elektrische inklusive Wechselrichter allerdings von 5,9 kg/kW. Bei der Leistungsbereitstellung sind hingegen geringere Unterschiede festzustellen. Der hydraulische Pumpenturm wiegt insgesamt 121 kg, der Generator 160 kg bei gleicher Nutzleistung.

Fazit

Die Ergebnisse zeigen stationäre Wirkungsgradvorteile des elektrischen Triebstranges in einer Größenordnung von etwa 15% auf. Noch gravierender wird dieser im Vergleich zu offenen hydraulischen Kreisläufen mit mehreren Abtrieben je Pumpe ausfallen. Als kritisch hingegen ist das wesentlich höhere Leistungsgewicht der Elektromaschinen zu bewerten. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass Leistungsgewichte zwischen 1,25 und 1,5 kW/kg in optimierten Lösungen bereits realisiert wurden [3]. Permanentmagnetisch erregte Synchronmotoren als Radnabenmotoren eingesetzt, weisen sogar ein Leistungsgewicht unter 1 kg/kW auf [4].

Rupert Geischeder, Robert Brandhuber und Markus Demmel, Freising

Wirkung verschiedener Fahrwerke auf die Bodenstruktur bei gleichem Kontaktflächendruck

Der Trend zu leistungsfähigeren Landmaschinen ist häufig mit einer Zunahme der Fahrzeugmassen verbunden. Die Radlasten sind in jüngster Zeit insbesondere bei den selbstfahrenden Erntemaschinen gestiegen. Die Landtechnik reagiert mit neuen Laufwerkstechnologien und Fahrwerkskonzepten auf diese Entwicklung. Moderne Radialreifen, großvolumige Breitreifen und Gummibandlaufwerke sowie das spurversetzte Fahren sollen hohe Radlasten bodenschonend auf Ackerböden abstützen und das Risiko von Unterbodenverdichtungen minimieren.

Dipl.-Ing. (FH) Rupert Geischeder ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 85354 Freising - Weihenstephan, e-mail: Rupert.Geischeder@lfl.bayern.de. Robert Brandhuber ist Leiter der Arbeitsgruppe Bodenphysik und Standortbeurteilung am Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz (IAB) der LfL. Dr. Markus Demmel ist Koordinator des Arbeitsbereiches Verfahrenstechnik im Pflanzenbau am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der LfL.

Schlüsselwörter

Bodenverdichtung, Bodendruck, Bandlaufwerk, Schlauchdrucksonden

Keywords

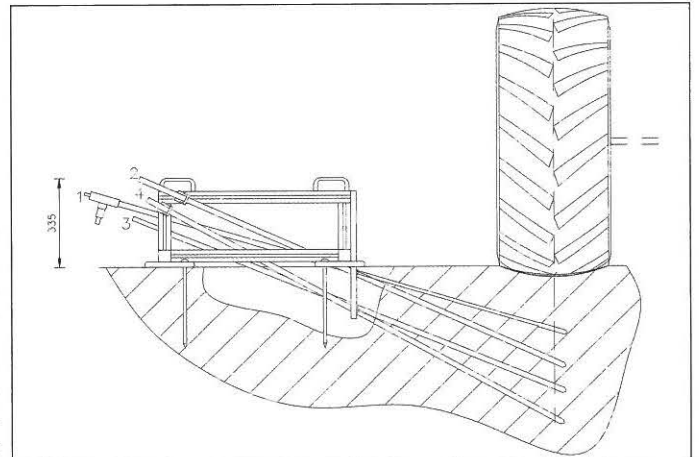
Soil compaction, soil stress, rubber belt carriage, hose type pressure transducers

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07SH04 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Bild 1: Messanordnung der Schlauchdrucksonden für die vier Beprobungstiefen

Fig. 1: Measuring arrangement of the soil pressure sensors for four the sampling depths



Radlaufwerke sind gekennzeichnet durch Mehrfachüberrollungen, welche in der Literatur hinsichtlich des Einflusses auf die Bodenstruktur unterschiedlich bewertet werden. So stellte Weißbach bei seinen Untersuchungen fest, dass jede zusätzliche Überrollung einen Druckanstieg im Boden zur Folge hat [1]. Keller dagegen konnte bei seinen Untersuchungen zur mehrmaligen Überrollung keinen Druckanstieg im Boden feststellen [2]. Der Einsatz von Bandlaufwerken zur Bodenschonung bei schweren Erntemaschinen wird ebenfalls unterschiedlich beurteilt. Brunotte stellte zwischen hohen Rad- und Bandlasten bei Zuckerrübenvollerntern keine Unterschiede zwischen den Laufwerken bei der Bodensetzungsmessung fest [3]. Ansonstige konnte bei Messungen in der Bodenrinne deutlich geringere Bodendeformationen beim Bandlaufwerk nachweisen [4].

Der Einsatz leistungsfähiger und bodenschonender Landmaschinen ist für die Landwirtschaft von großer Bedeutung. Deshalb wurde eine eigene Untersuchung mit streng systematischem Ansatz durchgeführt. Ihr lag folgende Fragestellung zu Grunde: „Beansprucht ein modernes Gummibandlaufwerk den Boden weniger als eine Mehrfachüberrollung mit Radial-Niederdruckbreitreifen, wenn Kontaktflächendruck und Gesamtlast in beiden Fällen gleich hoch sind?“

Ziel

der Untersuchungen war also, die Wirkungen unterschiedlicher Laufwerke bei

- gleichem Kontaktflächendruck und
- identischer Gesamtlast

auf Bodenbeanspruchung (Bodendruck) und Bodenverformung im Ober- und Unterboden unter Feldbedingungen festzustellen.

Material und Methode

Zur Prüfung der Hypothese wurden drei Fahrwerkskonfigurationen definiert. Sie basieren auf einer einmaligen Überrollung mit einem modernen Bandlaufwerk, einer zweimaligen Überrollung mit einem großvolumigen Radialreifen und einer vierfachen Überrollung mit einem „üblichen“ Radialreifen (Tab. 1).

Die Radlasten ermöglichten es bei den Radialreifen einen nahezu identischen Innen- und Kontaktflächendruck aller drei Varianten zu einstellen. Die Kontaktflächendrucke aller drei Varianten sollten dazu identisch sein, was vorab mit dem Programm TASC [5] auf Modellebene getestet wurde.

Im Frühjahr 2006 wurde der randomisierte Feldversuch mit sechs Wiederholungen je Überrollungsstufe (Tab. 1) durchgeführt. Die Bodenfeuchte des sandigen Lehms entsprach bis in die Beprobungstiefe von 50 cm

Tab. 1: Versuchsansatz

Table 1: Concept of experiment

Überrollungs-Stufen	Bereifung Fahrwerk	Anzahl der Überrollungen	Radlast Bandlast [kN]	theoretischer mittlerer Kontaktflächendruck [kPa]
1. 1-fach Band	890 x 2000 mm	1	100	0,5
2. 2-fach Rad	1050/50 R32	2	50	0,5
3. 4-fach Rad	620/70 R25	4	25	0,5

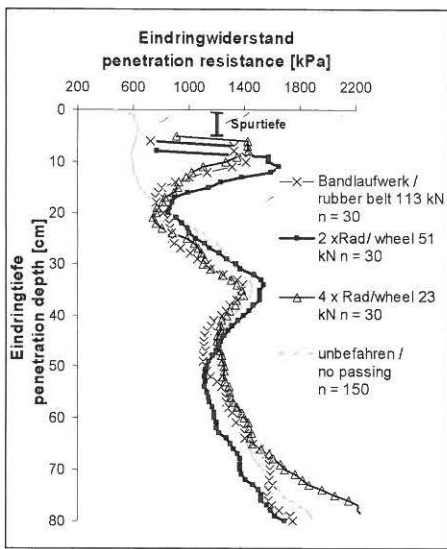


Bild 2: Gemessene Eindringwiderstände unter den Belastungsvarianten

Fig. 2: Penetration resistance beneath the load variants

der Feldkapazität. Vor der Überfahrt wurden die Rad- und Bandlast ermittelt sowie die Aufstandsfläche durch Abstreuen mit Kalk im Feld. Die während der Überrollungen auftretenden Bodendrücke wurden mit Schlauchdrucksonden in 20, 30, 40 und 50 cm Tiefe gemessen (Bild 1). Mit einem Penetrometer wurden die Eindringwiderstände in und neben den jeweils befahrenen Spuren ermittelt. Zur Quantifizierung von Bodenverformungen wurden Stechzylinder in und direkt neben den Spuren in den Tiefen 15 bis 20 cm und 40 bis 45 cm entnommen, wodurch die Bestimmung von Lagerungsdichte, Porenvolumen, Luftkapazität und pneumatischer Leitfähigkeit erfolgen konnte. Eine detaillierte Darstellung der bodenphysikalischen Untersuchungsergebnisse erfolgt an anderer Stelle.

Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 2 sind die vor Ort gemessenen Fahrwerksparameter zusammengefasst. Das Bandlaufwerk mit der hohen Aufstandsfläche erreicht trotz der Last von 113 kN den niedrigsten mittleren Kontaktflächendruck.

Die Auswertung der Penetrometermessungen zeigt eine deutliche Differenzierung zwischen den Spuren und dem unbefahrenen Boden (Bild 2). Alle Überrollungen führten zu einer Erhöhung des Eindringwiderstandes im Oberboden. Dabei wurden die größten Effekte bei der zweifachen Überrollung

Überrollungs-situation	Bereifung Fahrwerk	Radlast / Bandlast Einsatz 19. 4. 2006	Reifen-innen-druck [kPa]	Aufstands-fläche [cm ²]	Mittlerer Kontakt-flächen-druck [kPa]
1. 1-fach Band	890 x 2000 mm	113 kN	-	18.300	62
2. 2-fach Rad	2 x 1050/50 R32	2 x 51 kN	70	2 x 7.400	69
3. 4-fach Rad	4 x 540/60 R 28	4 x 23 kN	60	3.100	74

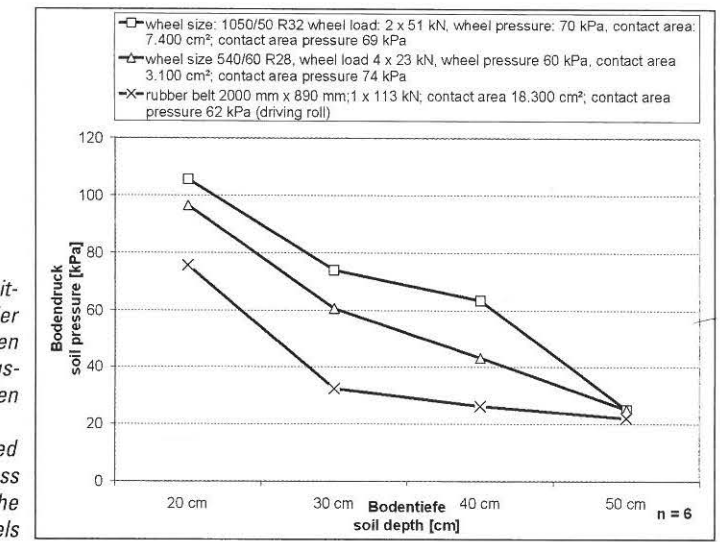


Bild 3: Ermittelte Spitzendrücke in vier Bodentiefen bei den jeweiligen Belastungsstufen

Fig. 3: Measured maximum vertical stress in four soil depths for the respective load levels

(Rad 1050/50 R32) mit 51 kN Radlast festgestellt. Beim Bandlaufwerk wurde eine geringfügig tiefere Spur als bei der vierfachen Überrollung (Rad) gemessen, wobei der Eindringwiderstand im Oberboden einen identischen Verlauf zeigte. Ab einer Tiefe von 22 cm waren die Eindringwiderstände aller Überrollungsvarianten auf nahezu einheitlichem Niveau.

Die Auswertung der mittleren Spitzendrücke der Schlauchdrucksondenmessungen zeigt den Druckabbau der einzelnen Belastungsstufen über die jeweiligen Bodentiefen. Bei allen Mehrfachüberrollungen, wie auch beim Bandlaufwerk, wurde das von [1] beschriebene Phänomen des Druckanstiegs beobachtet. Es ist eine deutlichere Differenzierung zwischen den Überrollungsstufen erkennbar (Bild 3).

Die zweifache Überrollung mit dem großen Reifen (1050/50 R32) erzeugte in den drei Tiefen 20, 30 und 40 cm die höchsten Drücke. Der größte Druckabbau fand zwischen den Tiefen 40 auf 50 cm statt.

Die vierfache Überrollung mit jeweils 23 kN Auflast zeigte - verglichen mit der zweifachen Überrollung und 51 kN Auflast - geringere durchschnittliche Spitzendrücke in den oberen drei Messtiefen. Der höchste Druckabbau fand bei der vierfachen Überrollung in 20 bis 30 cm Tiefe statt.

Das niedrigste Druckniveau in allen Tiefen wurde unter dem Bandlaufwerk gemessen. Zwischen 20 und 30 cm Tiefe erfolgte der größte Druckabbau auf etwa 50 % des Druckes. In 40 cm Tiefe lag der durchschnittliche Spitzendruck knapp über dem eingestellten Vordruck von 22 kPa.

Zusammenfassung der Ergebnisse

In allen drei Überrollungsvarianten wurde im Bereich der oberen Krume (bis 15 cm Tiefe) eine Zunahme des Eindringwiderstands nachgewiesen. Die zweifache Überrollung (Rad, 51 kN) bewirkte höhere Eindringwiderstände als die einmalige Überrollung mit dem Bandlaufwerk und die vierfache Überrollung mit dem Rad 23 kN. Unterhalb der Pflugsohle waren keine Auswirkungen der Überrollungen auf den Eindringwiderstand zu beobachten.

Die Schlauchdrucksondenmessungen unter dem Band (113 kN) zeigen in 20 cm Tiefe, ähnlich wie bei den Radüberrollungen, deutliche Druckspitzen. Diese bauen sich unter dem Band in der Tiefe schneller ab als bei den beiden Radvarianten. In 50 cm Tiefe wurde bei keiner Überrollungssituation ein Druckanstieg über den eingestellten Vordruck von 22 bis 25 kPa gemessen.

Schlussfolgerungen

Die Untersuchung zeigt die unterschiedliche Wirkung verschiedener Laufwerkskonfigurationen bei der Abstützung einer nahezu identischen Last. Penetrometermessungen belegen, dass im Oberboden (bis 20 cm Tiefe) deutliche Verformungen stattfinden.

Bei annähernd gleichen mittleren Kontaktflächendrücken führt die höhere Radlast (51 kN, zweifache Überrollung Rad) zu einer größeren Tiefenwirkung der Bodenbeanspruchung. Das Bandlaufwerk mit 113 kN Auflast kann trotz der festgestellten Druckspitzen unter den vier Rollen nicht mit einer vierfachen Überrollung (4 • 23 kN) gleichgesetzt werden. Das hoch gespannte Band stützt auch zwischen den Laufrollen Gewicht auf den Boden ab. Die festgestellten deutlichen Unterschiede zwischen Band und bereiftem Rad sprechen für die Annahme, dass die Druckverteilung unter den beobachteten Radialreifen ungleich ist, mit einer starken Konzentration im Zentrum der Aufstandsfläche, wie dies von [6] in Messungen mit Piezosensormatten belegt wird.

Markus Demmel, Freising

Kontinuierliche Durchsatz- und Ertragsermittlung in Erntemaschinen

Stand der Technik

Die Ernte landwirtschaftlicher Kulturen erfolgt heute mit leistungsfähigen Maschinen im meist überbetrieblichen Einsatz. Neben der Arbeitserledigung wird hierdurch auch die Information über die Variation der Erträge innerhalb der Schläge aus den Betrieben herausgenommen. Mit in die Erntemaschinen integrierten Durchsatz- und Ertragsmessgeräten können im Zusammenwirken mit Ortungssystemen die lokale Ertragsermittlung realisiert und damit Informationen über die Ertragsfähigkeit und -struktur der Felder automatisiert gewonnen werden. Diese Dokumentation der Ertragsverhältnisse ist ein erster Schritt zum präzisen Ackerbau.

Dr. Markus Demmel ist Koordinator des Arbeitsbereiches Verfahrenstechnik im Pflanzenbau am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Vöttinger Str. 36, 85354 Freising; e-mail: markus.demmel@lfl.bayern.de

Schlüsselwörter

Durchsatzermittlung, Ertragsermittlung, Mähdrusch, Silagebergung, Hackfruchternte

Keywords

Mass flow measurement, yield measurement, combine harvesting, forage harvesting, root crop harvesting

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07SH03 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

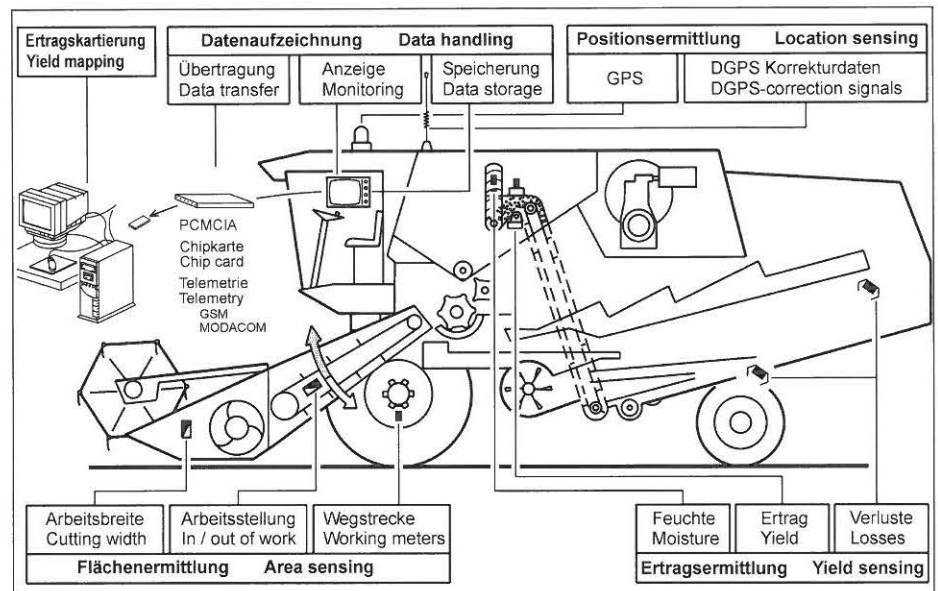


Bild 1: Komponenten für die lokale Ertragsermittlung im Mähdrusch

Fig. 1: Components for local yield detection in combine harvesters

Für die lokale Ertragsermittlung wurden in den vergangenen 20 Jahren an vielen Institutionen weltweit, besonders auch am jetzigen Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik der TU München, Messsysteme entwickelt und evaluiert, die direkt auf den Erntemaschinen kontinuierlich Durchsätze und davon abgeleitet Flächenenerträge bestimmen [1, 2]. Die Kombination mit Ortungssystemen ermöglicht die Georeferenzierung der Informationen. Die für die lokale Ertragsermittlung in Erntemaschinen notwendigen Komponenten sind (Bild 1)

- Durchsatzmessgerät
- Erfassungssystem der Flächenleistung (Arbeitsbreite und Geschwindigkeit)
- Ortungssystem
- Datenauswertungs- und Datenaufzeichnungssystem
- Datentransfer zum Bürorechner

Ertragsermittlung im Mähdrusch

Für die kontinuierliche Durchsatz- und Ertragsermittlung bieten alle Mähdruschhersteller Sensoren an. Sie beruhen auf unterschiedlichen Funktionsprinzipien [3]. Neben volumenstrombasierten Messgeräten (Licht-

schränkenmessprinzip) werden zumeist Systeme, die auf einer Kraft-/Impulsmessung basieren („impact measurement“ mit Prallplatte, „curved plate“ oder Messfinger), sowie ein radiometrisches Messsystem angeboten [4]. Trotz der unterschiedlichen Funktionsprinzipien zeigen mehrjährige und umfangreiche Genauigkeitskontrollen, dass die verschiedenen Messsysteme ein ähnliches Fehlerniveau mit Standardabweichungen der relativen Fehler zwischen 3 und 4 % aufweisen [5].

Die Flächen- und Flächenleistungsermittlung erfolgt über die Messung des Fahrweges und die Eingabe der Arbeitsbreite. Für eine automatisierte Messung der Schnittbreite steht bisher keine funktionsfähige Lösung zur Verfügung [6].

Die Zuordnung von Ertrag und Ort im Feld erfolgt über die Satellitenortung. Es kommen hierbei überwiegend die von der „National Marine Electronics Association NMEA“ standardisierten Datenprotokolle zum Einsatz.

Zur Datenaufzeichnung werden entweder die direkt im Mähdrusch integrierten Elektronikseinheiten zur Maschinenüberwachung und -steuerung benutzt oder es können uni-

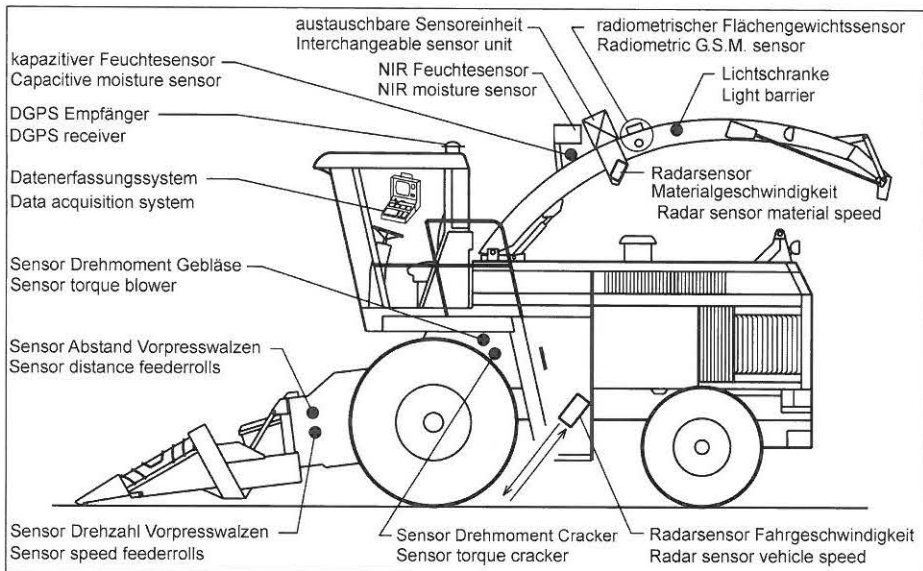


Bild 2: Durchsatz- und Ertragsmesssysteme im selbstfahrenden Feldhäcksler

Fig. 2: Systems for mass flow and yield detection in forage harvesters

versell nutzbare Terminals mit entsprechenden Jobcomputern verwendet werden. Zur Datenspeicherung und -übertragung zum Betriebsrechner werden heute unterschiedliche Speicherkarten eingesetzt.

Schließlich wird zur Erstellung von Ertragskarten noch eine entsprechende Software benötigt. Hier gibt es unterschiedliche Ansätze. Mit den Messsystemen werden zu meist einfache Visualisierungsprogramme ausgeliefert. Daneben existieren auf geographische Informationssysteme aufgebaute anspruchsvolle Analyseprogramme. Zu bedenken ist jedoch, dass derzeit weder Regeln noch Standards bestehen, um georeferenzierte Ertragsmesswerte zu analysieren und zu Ertragskarten zu verrechnen.

Ertragsmesssysteme für Mähdrescher kosten derzeit inklusive DGPS Empfänger zwischen 4000 und 12000 €. In den Spitzenmodellen der meisten Mähdrescherhersteller sind sie serienmäßig eingebaut.

Ganz wesentlich für die Ableitung von Ertragszonen ist die Verfügbarkeit von mehrjährigen Ertragsdaten. Da die bei uns typischen Fruchtfolgen aber nicht nur Mähdruschfrüchte umfassen, ist es notwendig, die Ertragsmesstechnik auch für andere Erntemaschinen zur Verfügung zu stellen.

Ertragsermittlung im Feldhäcksler

Da der Silomais nach den Druschfrüchten die flächenmäßig am weitesten verbreitete Kultur ist, wurden unterschiedliche Messsysteme für den selbstfahrenden Feldhäcksler entwickelt und untersucht (Bild 2).

Neben der volumetrischen Durchsatzermittlung über die Auslenkung der Vorpressewalzen [7, 8] wurden Impuls-/Kraftmesssysteme im Auswurfbogen [9] sowie die radiometrische Durchsatzermittlung erfolgreich

erprobt. Die Genauigkeiten der untersuchten Messgeräte liegen im Bereich der Ertragsmesssysteme für Mähdrescher [9, 10, 11, 12]. Zwei Hersteller von Feldhäckslern bieten (volumetrische) Durchsatz- und Ertragsmesssystem für ihre Maschinen an.

Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an Systemen zur Ertragsermittlung in Rundballenpressen, Quaderballenpressen und Ladewagen [13, 14, 15] führten nicht zu Serienprodukten.

Seit dem Jahr 2000 haben drei Forschergruppen Ergebnisse ihrer Entwicklungen für die Durchsatzermittlung an Mähwerken vorgestellt. Die Messsysteme basieren auf der Bandwaage- und der Kraft- oder der Drehmomentmessung [16, 17, 18].

Ertragsermittlung bei Hackfrüchten

Erste Sensorapplikationen für die Durchsatz- und Ertragsermittlung auf Erntemaschinen für Kartoffeln und Zuckerrüben wurden von 15 Jahren vorgestellt und evaluiert, Nachrüstsysteme hierfür stehen seit etwa zehn Jahren zur Verfügung (Bild 3).

Neben der Verwiegung des gesamten Bunkers kommt überwiegend die Bandwaage-technik zum Einsatz [19, 20, 21]. Aber auch die Impuls-/Kraftmessung [22] und optische Volumenmesssysteme [23] wurden bereits erfolgreich untersucht. Die Messgenauigkeit ist ähnlich wie im Mähdrescher, bei unterschiedlicher Verschmutzung des Erntegutes (Steine, Kluten und Erdanhang) wird diese jedoch mit erfasst und verfälscht die Ertragswerte [23, 24, 25, 26, 27, 28].

Ausblick

In Zukunft wird neben der georeferenzierten Ertragsermittlung die lokale Online-Ermittlung der Qualität der Ernteprodukte eine große Bedeutung erlangen. Nur die Verbindung von Menge und Qualität lässt eine gezielte Steuerung der Produktion zu. Für die Ermittlung der Getreidefeuchte (bis 30 % Kornfeuchte) werden hierzu bereits kontinuierlich arbeitende, kostengünstige kapazitive Feuchtemessgeräte eingesetzt [29]. Für höhere Feuchtebereiche, wie auch für die Ermittlung von Inhaltsstoffen (Protein-, Energie-, Ölgehalt), befinden sich Geräte auf Basis der Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIR und NIT) für den rauen Feldeinsatz in umfangreichen Kalibrierungs- und Genauigkeitsversuchen und werden bereits von einem Hersteller angeboten [30, 31, 32, 33].

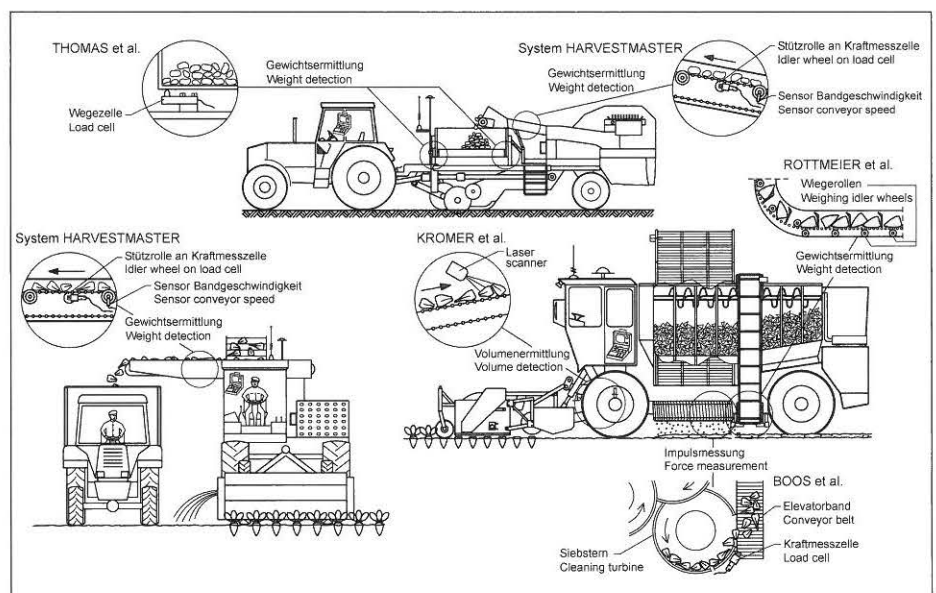


Bild 3: Durchsatz- und Ertragsmesssysteme im Kartoffel- und Zuckerrübenroder

Fig. 3: Systems for mass flow and yield detection in potato and sugar beet harvesters

Tiemo Schwenke, München

Drei Jahrzehnte Durchsatz- und Qualitätsermittlung von Erntegut im Feldhäcksler

Die Entwicklungen bei der Durchsatzmessung sowie der Bestimmung der Eigenschaften und Inhaltsstoffe des Erntegutes im Feldhäcksler (Bild 1) werden anhand ausgewählter Patentanmeldungen (Tab. 1) dargestellt. Zur Veranschaulichung der Erfindungen wird auf deren Ausführungsbeispiele zurückgegriffen. Die zitierten Schriften sowie Informationen zum Verfahrensstand oder der Patentfamilie stehen unter [3, 4] zur Verfügung. Schriften mit dem Länderkennzeichen DE gelten für Deutschland. Bei EP- oder WO-Schriften ist Deutschland als Vertragsstaat (DE) benannt.

Dr.-Ing. Tiemo Schwenke war wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Technik im Pflanzenbau der TU München, Am Staudengarten 2, 85354 Freising; e-mail: tiemo.schwenke@gmx.de

Schlüsselwörter

Feldhäcksler, Durchsatzmessung, Inhaltsstoffe, Sensor, Patent

Keywords

Forage harvester, mass flow rate measurement, ingredients, sensor, patent

Bereits in den 70er Jahren fanden Untersuchungen zur Durchsatzmessung am Feldhäcksler statt [1]. In Kenntnis von Durchsatz und Feuchte des Erntegutes ist beispielsweise eine maßgerechte Dosierung von Konservierungsmitteln möglich. Dazu ist in (1) eine kontinuierliche Feuchtemessung mit Elektroden an den Trommelblechen oder den Trommelzinken der Aufsammeleinrichtung (Pickup) vorgesehen. Der Durchsatz wird über die Auslenkung der Niederhalter vor der Pickup-Trommel über Drehpotentiometer gemessen.

Mit einer Fahrgeschwindigkeitsregelung lässt sich die Auslastung eines Häckslers verbessern. Sinkt die Drehzahl der Häckseltrommel unter einen Minimalwert oder steigt das Moment der Antriebseinrichtung über einen Maximalwert, wird die Fahrgeschwindigkeit verringert. Befinden sich beide Parameter in zulässigen Bereichen, wird die Fahrgeschwindigkeit auf einen Sollwert geregelt (2). Neben der Fahrgeschwindigkeit sind auch die Einzugs- und die Einzugsgeschwindigkeit des Erntegutes und der Motor, abhängig von der Auslenkung schwenkbarer Einzugswalzen oder der Druckbelastung ortsfester Einzugswalzen, zu regeln. Hierdurch werden Schnittqualität und Wirkungsgrad verbessert. Der Fahrer wird von Überwachungs- und Steuerungsaufgaben entlastet (3).

Zur Durchsatzermittlung eignen sich auch Differenzdruckmessungen an zwei Messebenen im Auswurf-

schacht. Der Abstand der beiden Messebenen ist dabei möglichst groß zu wählen. Als Messaufnehmer kommen Flügelklappen zum Einsatz, die in den Auswurfschacht hineinragen. Kapazitive, optische oder ultraschallbasierte Messaufnehmer sind ebenso einsetzbar. Bei ausbleibendem Gutstromsignal wird ein automatischer Nullabgleich durchgeführt. Die Drehzahl der Häckseltrommel erfasst ein Inkrementalgeber. In Kenntnis des Durchsatzes werden die Steuerung des Häckslers und die Zugabe von Zusatzstoffen verbessert (4).

Optimierte Durchsatz- und Feuchtemessung zur Ertragsermittlung

Der Einsatz von GPS zur Ortung von Erntemaschinen ermöglicht die Ermittlung lokaler Ertragsmesswerte, aus denen teilflächenspezifische, pflanzenbauliche Maßnahmen abgeleitet werden. Dafür ist eine kontinuierliche Aufzeichnung von Positi-

Nr.	Offenlegungsschrift / Patentschrift	Anmeldetag / Prioritätstag	Offenlegungstag / Patenterteilung
(1)	DE 32 32 746 A1	3. 9.1982	8. 3.1984
(2)	DE 35 05 887 A1	20. 2.1985	5. 9.1985
(3)	DE 37 02 192 A1	26. 1.1987	4. 8.1988
(4)	DE 40 41 995 A1	27.12.1990	2. 7.1992
(5)	DE 195 24 752 A1	7. 7.1995	9. 1.1997
(6)	EP 0 753 720 A1	14. 7.1995	15. 1.1997
(7)	DE 196 48 126 A1	21.11.1996	28. 5.1998
(8)	EP 0 887 008 A1	27. 6.1997	30.12.1998
(9)	EP 0 931 446 A1	16. 1.1998	28. 7.1999
(10)	DE 199 03 471 C1	29. 1.1999	8. 6.2000
(11)	DE 199 22 867 A1	19. 5.1999	23.11.2000
(12)	WO 01/000005 A2	30. 6.1999	4. 1.2001
(13)	DE 100 30 505 A1	21. 6.2000	3. 1.2002
(14)	DE 101 54 874 A1	8.11.2001	28. 5.2003
(15)	DE 102 11 800 A1	16. 3.2002	2.10.2003
(16)	DE 102 20 699 A1	10. 5.2002	24.12.2003
(17)	DE 102 30 474 A1	6. 7.2002	15. 1.2004
(18)	DE 102 30 475 A1	6. 7.2002	15. 1.2004
(19)	DE 102 36 515 C1	9. 8.2002	25. 9.2003
(20)	DE 102 41 788 A1	6. 9.2002	1. 4.2004
(21)	DE 103 06 725 A1	17. 2.2003	16. 9.2004
(22)	DE 103 48 040 A1	15.10.2003	19. 5.2005
(23)	DE 10 2004 010 772 A1	5. 3.2004	6.10.2005
(24)	DE 10 2004 038 404 A1	7. 8.2004	23. 2.2006
(25)	DE 10 2004 038 408 A1	7. 8.2004	23. 2.2006
(26)	DE 10 2004 048 103 A1	30. 9.2004	20. 4.2006
(27)	DE 10 2004 052 446 A1	30.10.2004	18. 1.2007
(28)	DE 10 2005 017 121 A1	14. 4.2005	19.10.2006

Tab. 1: Offenlegungsschriften (A) und Patentschriften (C)

Table 1: Publications of patent applications (A) and patents (C)

onsdaten der Erntemaschine zusammen mit den Messwerten für Durchsatz und Eigenschaften des Erntegutes notwendig. An die Durchsatzmessung werden dabei höhere Genauigkeitsanforderungen gestellt. Hierzu erfolgte die Erprobung eines radiometrischen Messsystems im Auswurfbogen [2].

Darüber hinaus besteht auch für das bekannte Verfahren zur Bestimmung der Presswalzenauslenkung über Potentiometer durch Erhöhung der Abtastrate Optimierungspotenzial. Zusätzlich wird das Drehmoment an der Häckseltrommel, am Vorsatzgerät oder am Motor gemessen. Diese Drehmomentmesswerte werden an die sich verändernde Schärfe der Schneidmesser angepasst. Nähert sich die ausgelenkte Presswalze ihren oberen oder unteren Anschlägen oder berührt diese, werden die Durchsatzmesswerte mit den Drehmomentmesswerten korrigiert. Im Bereich des unteren Anschlags würde sonst ein zu hoher Durchsatz und im Bereich des oberen Anschlags ein zu geringer Durchsatz ermittelt werden (5).

Die Abstände zwischen den Vorpresswalzen lassen sich auch mit einem Seilpotentiometer messen. Zur Korrektur im maximalen Auslenkungsbereich der federbelasteten oberen Vorpresswalze sind an dieser Stelle Kraftaufnehmer angeordnet, um die zusätz-

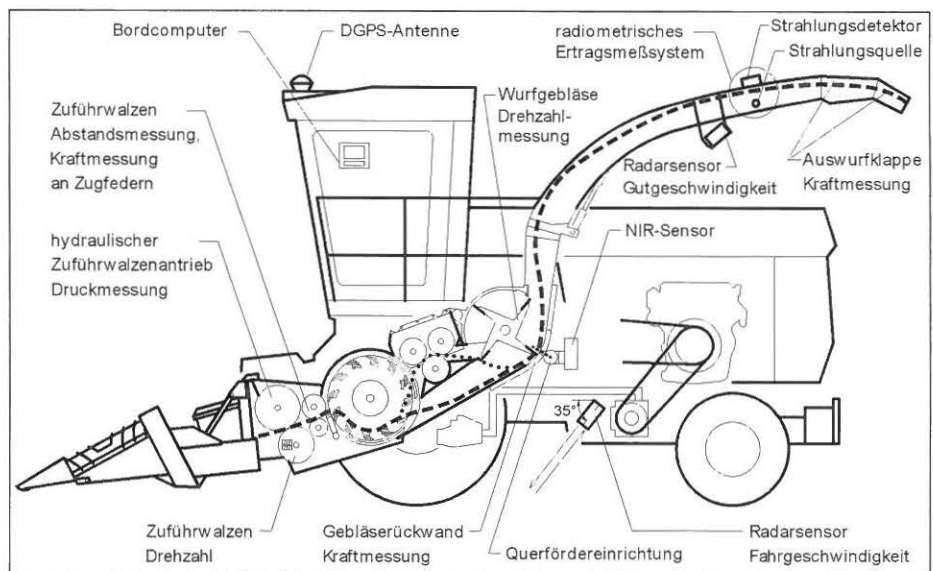


Bild 1: Beispiele für Messverfahren zur Durchsatz- und Qualitätsermittlung (Quelle: TU München, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik)

Fig. 1: Examples for measuring methods for mass flow rate and quality (Source: TU Munich, Chair of Agricultural Systems Engineering)

liche Verdichtungskraft im Grenzbereich zu messen. Eine Lichtschranke erfasst den Erntegutstrom im Auswurfkrümmer und wird zur Korrektur bei geringem Erntegutfluss mit minimaler Auslenkung der Vorpresswalze herangezogen. Die Abstandsmessung wird zusätzlich mit der Kennlinie der Zugfedern an der Vorpresswalze korrigiert. Bei zunehmender Auslenkung erhöhen sich die Fe-

derkraft und damit die Dichte des Erntegutstromes (10). Die Geschwindigkeit des Erntegutes wird aus der Drehzahl der ortsfesten Vorpresswalze bestimmt.

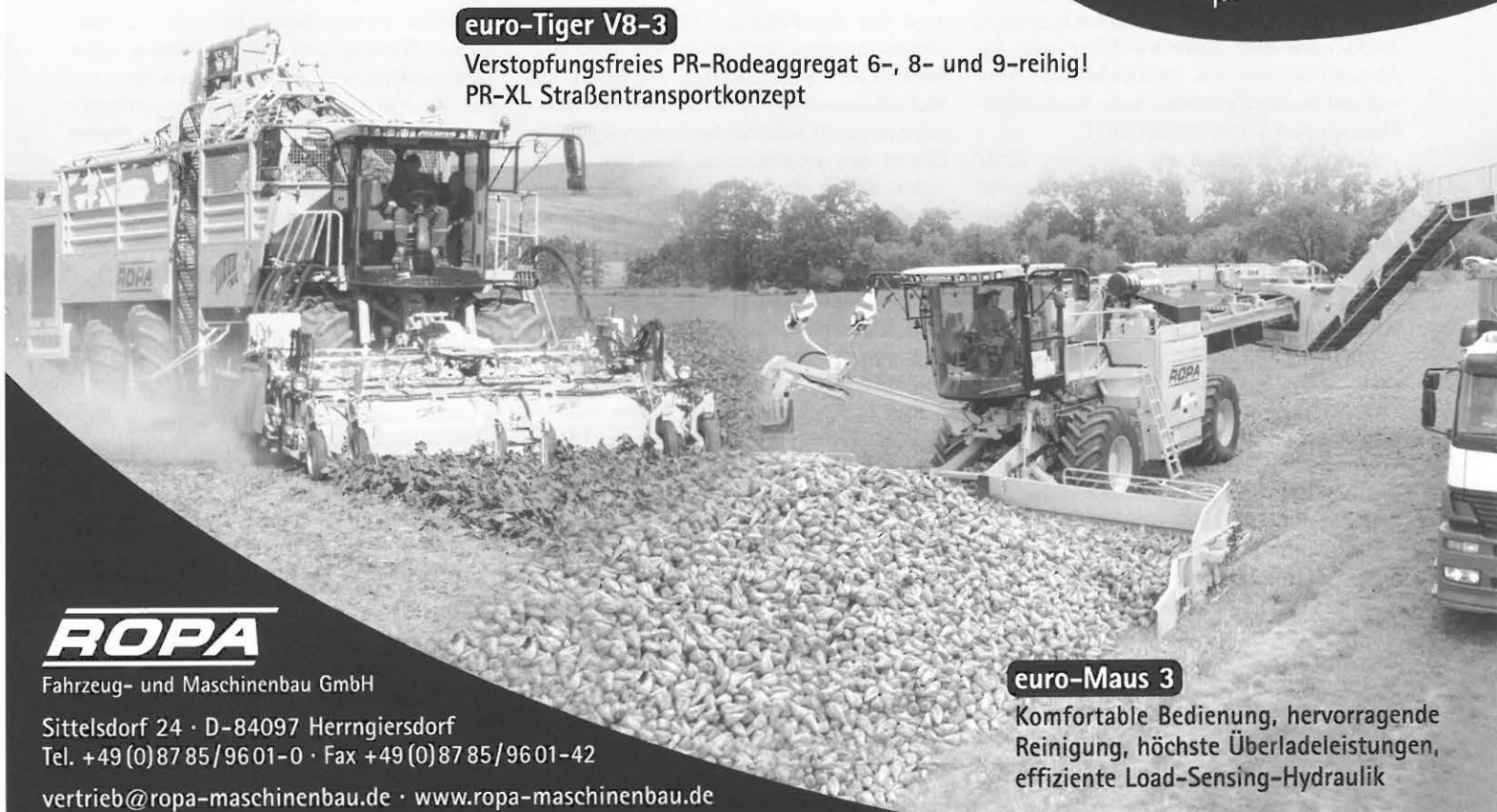
Anstelle der Lichtschranke zur Erkennung des Erntegutstroms sind auch die vom Gutstrom verursachten Vibrationen mit einem Mikrofon, einem Körperschallsensor (an der Gleichschneide) oder durch optische Mes-

Die neuen Generationen - die wirtschaftlichste Entscheidung!



euro-Tiger V8-3

Verstopfungsfreies PR-Rodeaggregat 6-, 8- und 9-reihig!
PR-XL Straßentransportkonzept



Fahrzeug- und Maschinenbau GmbH

Sittelsdorf 24 · D-84097 Herrngiersdorf
Tel. +49 (0)87 85/96 01-0 · Fax +49 (0)87 85/96 01-42

vertrieb@ropa-maschinenbau.de · www.ropa-maschinenbau.de

euro-Maus 3

Komfortable Bedienung, hervorragende Reinigung, höchste Überladeleistungen, effiziente Load-Sensing-Hydraulik

sungen (Laserstrahl) an vibrierenden Elementen zu ermitteln. Ohne gemessene Vibrationen wird der Durchsatz auf Null gesetzt (15).

Zur Durchsatzmessung bietet sich weiterhin die Oberseite des Auswurfbogens zur Erfassung der durch den Erntegutstrom aufgetragenen Kraft an. Diese Kraft wird durch eine schwenkbar gelagerte, gekrümmte Platte auf eine Lastzelle übertragen. Wirkende Reibungskräfte des Erntegutstromes werden bei dieser Anordnung nicht mit erfasst. Die Gutgeschwindigkeit wird an der offenen Unterseite oder durch einen transparenten Abschnitt an der geschlossenen Oberseite des Auswurfbogens gemessen (6, 8).

Mit dem Einsatz eines Mikrowellensensors im Auswurfbogen sollen insbesondere Verschleißprobleme mechanischer Durchsatzmessungen vermieden werden. Der Sensor arbeitet mit dem Transmissions-, Reflexions-, Doppler-Radar- oder Puls-Radar-Verfahren. Das Transmissionsverfahren eignet sich zur getrennten Bestimmung von Durchsatz und Gutfeuchte. Reflexionsmessungen dienen der Feuchtemessung. Die Geschwindigkeit und die Schichtdicke des durchströmenden Erntegutes lassen sich mit dem Doppler-Radar-Verfahren messen. Die Signale des Mikrowellensensors werden mit Temperaturwerten des Erntegutes korrigiert und als Gutfeuchte, Durchsatz und Guttemperatur ausgegeben. Alternativ kann die Oberflächenfeuchte mit Infrarotsensoren bestimmt werden (7).

Feuchtesensoren zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit im Erntegutstrom unterliegen Verschleiß und Verschmutzung. Zu deren Vermeidung sowie zur Erzielung zuverlässiger Messergebnisse haben sich die Messorte direkt nach der Häckseltrommel, direkt nach dem Auswurfgebläse oder im Abstand des Ein- bis Zweifachen des Auswurfgebläsedurchmessers vom Auswurfgebläse als vorteilhaft erwiesen (9).

Alternativ ist auch die Entnahme einer Erntegutprobe aus der Häckseltrommel möglich. Diese Probe wird in einer Probenkammer verdichtet, um Lufteinschlüsse zu vermeiden. Aus der Position des Verdichtungskolbens wird das Volumen der Probe bestimmt. Über einen Drucksensor wird die Verdichtung der Probe gemessen und gesteuert. Das Verhältnis von Volumen und Verdichtungskraft der Probe lässt sich zu Korrektur der Durchsatzmessung an den Vorpress- und Einzugswalzen heranziehen. Weiterhin werden Feuchte und Masse der Probe bestimmt (21).

Bei hydraulisch angetriebenen Einzugswalzen wird der Hydraulikdruck in der Hochdruckleitung gemessen. Zusammen mit der erfassten Drehzahl der Einzugswalzen wird daraus der Durchsatz berechnet.

Damit wird das Problem umgangen, dass niedrige Durchsätze zu keiner Auslenkung und hohe Durchsätze zu einer maximalen Auslenkung der Einzugswalzen führen, wodurch die Durchsatzmesswerte verfälscht werden (14).

Zur Durchsatzmessung kann auch die Rückwand des Wurfgebläses auf mikroskopische Bewegungen durch aufprallendes Erntegut mit einem Laserinterferometer abgetastet werden. Die Messfläche wird zwischen zwei quer zur Förderrichtung verlaufenden Festkörpergelenken mit verringertem Materialquerschnitt gebildet (27). Hierzu ist auch eine Kraftmessung an der Rückwand des Wurfgebläses bekannt (12).

Bestandteile und Eigenschaften von Erntegut

Für die Weiterverarbeitung des gehäckselten Erntegutes sind neben dessen Masse und Feuchtigkeit auch organische und nichtorganische Bestandteile von Interesse. Zur Messung von Bestandteilen im Erntegutstrom eignen sich optische Spektrometer, die zusammen mit einem Feuchtesensor im Auswurfbogen montiert werden (11). In diesem Zusammenhang ist die Probenentnahme für Referenzmessungen von besonderer Bedeutung. Dazu kann ein im Auswurfbogen motorisch schwenkbares Leitelement vorgesehen sein. Dieses wird in den Auswurfbogen geschwenkt, öffnet diesen damit und leitet einen Teil des Erntegutstroms in einen Probenbehälter (18).

Eine kontinuierliche Probenentnahme am Wurfgebläse zur Bestimmung von Inhaltsstoffen und Eigenschaften des Erntegutes ist aus (19) bekannt. Mit einer Förderschnecke wird das abgezeichnete Erntegut verdichtet und einem optischen Sensor (NIR- oder NIT-Sensor) zur Spektralanalyse zugeführt. Die Wellenlängenspektren werden im Bordcomputer mit gespeicherten Spektren verglichen. Die zu den gespeicherten Spektren hinterlegten Daten für Inhaltsstoffe und Eigenschaften des Erntegutes werden ausgegeben und mit Positionsdaten des Feldhäckslers teilflächenspezifisch kartiert.

Die Feuchte oder die Bestandteile des Erntegutes sind geeignete Parameter für die Einstellung des Abstands und der Anpresskraft der Walzen einer Nachzerkleinerungseinrichtung. Damit werden die Körner im Erntegut angeschlagen. Bei relativ hoher Feuchte wird der Walzenabstand verringert und die Anpresskraft erhöht. Anhand der Daten eines Feuchtesensors lassen sich die Walzen automatisch einstellen (13). Ebenso kann die Schnittlänge beim Häckseln gesteuert werden. Dazu werden die Zuführgeschwindigkeit des Erntegutes über die Drehzahl der Vorpresswalzen oder die Drehzahl der Häck-

seltrommel variiert. Die Schnittlänge steigt mit der Feuchte an (16).

Neben der Feuchte ist auch die Art der Futterpflanze bei der Einstellung der Häcksellänge zu berücksichtigen. Beide Parameter haben einen erheblichen Einfluss auf die Verdichtung des Häckselguts. Der Erntevorsatz wird anhand eines Sensors detektiert. Daraus wird die Art des Erntegutes bestimmt. Ein Feuchtesensor (Mikrowellensensor) hinter dem Häckselwerk erfasst die Feuchte im zerkleinerten, relativ homogenen Erntegutstrom. Aus den Sensordaten wird die optimale Häcksellänge bestimmt und die Förderleistung des Wurfgebläses geregelt. Mit steigendem Feuchtegehalt wird die Drehzahl des Wurfgebläses erhöht (20).

Auch die Schnitthöhe des Erntevorsatzes lässt sich, abhängig von Verschmutzungen oder gemessenen Bestandteilen eines stängelartigen Erntegutes im Gutstrom, steuern. Dazu wird der Gutstrom mit einem Spektrometer im Auswurfbogen analysiert (24).

Die Messstelle für ein Spektrometer im Auswurfbogen bedarf einer speziellen Gestaltung (22, 23, 28). Zur notwendigen Reinigung der Messstelle wird die Messeinrichtung in den Auswurfbogen geschwenkt, um vom Erntegutstrom gereinigt zu werden (25). Das Spektrometer muss im Betrieb rekaliert werden. Dazu werden Schwarz- und Weißstandards verwendet, die automatisch oder manuell in den Strahlengang geschwenkt werden (26).

Weitere Verwertung der Messergebnisse

Neben den bisher betrachteten Aspekten liefern kontinuierlich aufgezeichnete Betriebsdaten (Durchsatz, Arbeitsstellung des Erntevorsatzes, Ortungsdaten) auch für die Diagnose, Wartung und die Bewertung eines Feldhäckslers und seiner Erntevorsätze sowie für Abrechnungen von Lohnunternehmern wichtige Informationen. Aus diesen Daten lassen sich etwa Betriebsstunden, bearbeitete Fläche, Informations zum Einsatzort (Ortungsdaten), Art des Erntegutes, Betriebsgeschwindigkeit, Durchsatz oder mechanische Belastungen bestimmen (17).

Literatur

- [1] Ihle, G., und W. Dorniß: Untersuchungen zur Mechanischen Messung des Durchsatzes am selbstfahrenden Feldhäckslers. Agrartechnik 27 (1977), H. 6, S. 265 – 266
- [2] Auernhammer, H., M. Demmel and P.J.M. Pirro: Yield Measurement on Self Propelled Forage Harvesters. ASAE St. Joseph, 1995, Paper No. 95 1757
- [3] Deutsches Patent- und Markenamt, <http://depatisnet.dpma.de>, Menüpunkt Recherche
- [4] Europäisches Patentamt, <http://www.epoline.org>, Menüpunkt Register Plus

Freie Hand am Vorgewende



SIMA 2007
INNOVATION AWARDS



„Im Prinzip automatisiert
das System komplett die
Feldarbeit*“

„In der Landwirtschaft
wird aus Science Fiction
Wirklichkeit*“

„iTEC Pro automatisiert
den kompletten
Wendevorgang am
Vorgewende*“

John Deere iTEC Pro



Für das Plus an Produktivität bietet die Kabine
der Serie 8030 Komfort und Rundumsicht
ohne Gleichen – iTEC Pro übernimmt den Rest.

iTEC Pro spart Ihnen am Vorgewende alle Handgriffe.
Unabhängige Tests haben gezeigt: „iTEC Pro ist zur Zeit
wohl das Nonplusultra in Sachen Gerätesteuerung und
Lenkautomatik für Traktoren*“ und diese prämierte
John Deere Innovation gibt es ab jetzt auf allen Traktoren
der Serie 8030.

Sie wollen den Komfort und die Produktivität von iTEC Pro
in Ihrem Betrieb erfahren? Dann sprechen Sie mit Ihrem
John Deere Vertriebspartner, am besten noch heute.

* Profi 5/2007 & SIMA Goldmedaille 2007

www.johndeere.de



JOHN DEERE

Zuverlässigkeit ist unsere Stärke

Karl Wild, Dresden, und Georg Kormann, Urbandale / USA

Entwicklung eines Nah-Infrarot-Sensors für Landmaschinen

Basierend auf bekannten Nahinfrarot-Spektroskopie- (NIRS-) Messsystemen für den Laboreinsatz wurde ein Sensor entwickelt, der auf Landmaschinen und zur Prozesskontrolle verwendet werden kann. Neben grundlegenden Laboruntersuchungen zur Eignung unterschiedlicher Detektoren hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit zur Inhaltsstoffbestimmung an organischen Materialien erfolgten Kalibrierungen und Validierungen für unterschiedliche Fruchtarten. Dabei wurden verschiedene chemometrische Verfahren getestet.

Prof. Dr. Karl Wild ist Leiter der Arbeitsgruppe Landtechnik an der HTW Dresden, Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden; e-mail: wild@pillnitz.htw-dresden.de
 Dr. Georg Kormann arbeitet bei John Deere Intelligent Vehicle Systems und ist für die Weiterentwicklung Automatischer Lenksysteme zuständig. John Deere Intelligent Vehicle Systems, 4140 114th Street, Urbandale / IA/ USA

Schlüsselwörter

Sensor, NIR, Inhaltsstoffbestimmung, Landmaschinen, Qualitätskontrolle

Keywords

Sensor, NIR, constituent's measurement, agricultural machinery, quality control

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07SH19 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Die erforderliche Optimierung und Automatisierung von Produktionsprozessen in der Landwirtschaft sowie die notwendige Qualitätsdokumentation von Agrarprodukten und Produktionsreststoffen erfordert eine kontinuierliche Erfassung der Inhaltsstoffe sowohl im stationären Betrieb als auch im mobilen Einsatz auf Landmaschinen. Bekannterweise bietet die Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS) zahlreiche Möglichkeiten zur Inhaltsstoffanalyse organischer Materialien. Die Problemstellung besteht darin, ein NIRS-System zu entwickeln, das den extremen Bedingungen auf Erntemaschinen standhält. Darüber hinaus zeigen Untersuchungen folgenden Bedarf [1, 2, 3, 4]:

- Auswahl des richtigen Detektors in Abhängigkeit der Genauigkeitsanforderung
- Mechanische und elektrische Schnittstellen für die Integration auf Landmaschinen (etwa in CAN-Netzwerk) und für einen stationären Einsatz im Büro/Labor oder in Fördersystemen
- Verschleißfeste Oberfläche des Messfensters für den Einbau im Materialstrom
- Anpassung an einen weiten Temperaturbereich
- Verringerung der Anzahl durchzuführender externer Schwarz-/Weiß-Referenzierung
- Entwicklung einer integrierten Auswerteeinheit, um auf einen PC verzichten zu können
- Entwicklung robuster Kalibrierungen für unterschiedliche Fruchtarten und Sorten

Recherchen zeigten, dass kein Sensor verfügbar ist, der alle diese Anforderungen erfüllt. Deshalb war das Ziel einer Zusammenarbeit mit der Carl Zeiss MicroImaging GmbH einen Sensor zu entwickeln, der die gewünschten Eigenschaften aufweist.

Material und Methoden

Zunächst wurden aus vorhandenen Komponenten Funktionsmuster hergestellt, die eine Entscheidung zugunsten eines Silizium-basierten Detektors oder eines Indium-Gallium-Arsenid- (InGaAs-) Detektors ermöglichen würden. Da derselbe Sensortyp für verschiedene organische Produkte eingesetzt werden sollte, wurde auf die Erfassung diffuser Reflexion zurückgegriffen. Der endgültige Testaufbau erlaubte es, die auf der Erntemaschine erfassten Proben auch im Labor zu scannen. Während auf der Erntemaschine eine Probe nur einmal gemessen werden konnte, wurde bei den Laborversuchen jede Probe fünfmal untersucht, wobei nach jeder Messung die Probe durchgemischt wurde. Die während einer Messung (Dauer 5 s) erhobene Spektren wurden gemittelt und als ein Spektrum für eine Probe abgespeichert. Da zunächst der Schwerpunkt auf der Bestimmung des Feuchtegehalts der Proben lag, erfolgte die Referenzanalyse mit Hilfe der Trockenschrankmethode, bei der die Proben 24 h lang mit 105°C getrocknet wurden.



Bild 1: „HarvestLabTM“-Sensor im Aufbau auf einem Feldhäcksler und als stationäre Einheit

Fig. 1: "HarvestLabTM"-sensor mounted on a forage harvester and in stationary set-up

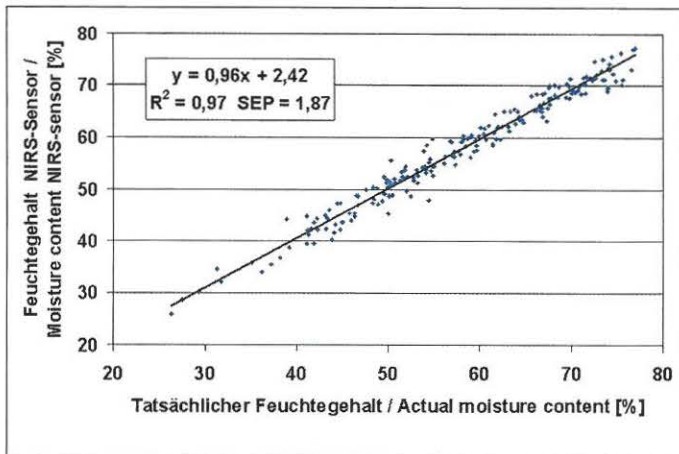


Bild 2: Ermittelte Feuchtigkeitsgehalte für Grasproben aus den Jahren 2005 und 2006 (stationäre Messung; n = 210)

Fig. 2: Determined moisture contents for grass samples in 2005 and 2006 (static measurement; n = 210)

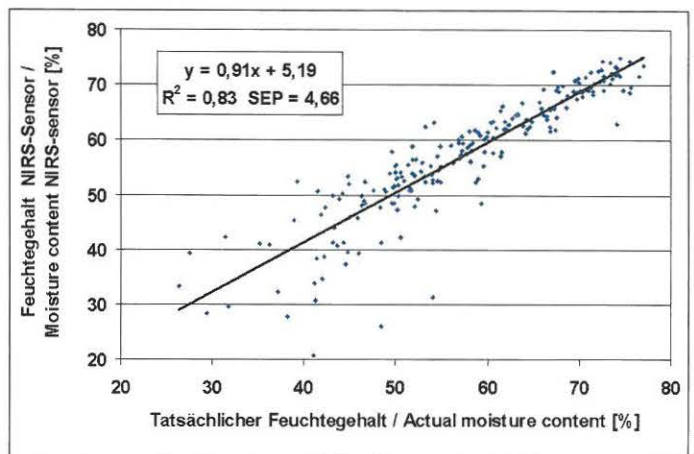


Bild 3: Ermittelte Feuchtigkeitsgehalte für Grasproben aus den Jahren 2005 und 2006 (mobile Messung auf dem Häcksler; n = 210)

Fig. 3: Determined moisture contents for grass samples in 2005 and 2006 (mobile measurement on forage harvester; n = 210)

Vor der Weiterverarbeitung der ermittelten Spektren wurden diese visuell begutachtet und abnormale Spektren, die sich zu sehr von den anderen Spektren unterschieden, entfernt. Der Anteil der gelöschten Spektren lag dabei unter 2%. Die Kalibrierungen und Validierungen wurden mit der Software „The Unscrambler“ (Firma CAMO, Trondheim, Norwegen) durchgeführt, wobei für die Erstellung der Kalibrierungsmodelle die Partial Least Squares (PLS) – Regression diente [5]. Ebenso erfolgten mit dem Programm die Datentransformationen und die mathematische Vorverarbeitung der Spektren, die notwendig waren, da es sich um die Analyse von Daten diffuser Reflexion handelte [6, 7]. Zur Beurteilung der Kalibrierungen und Validierungen wurden das Bestimmtheitsmaß (R^2) und der Standard Error of Cross Validation (SECV) oder der Standard Error of Prediction (SEP) herangezogen. Gleichzeitig wurde darauf geachtet, die Anzahl der PLS-Faktoren gering zu halten, um möglichst stabile Modelle zu erhalten.

Ergebnisse

Die grundlegende stationäre Untersuchung zwischen Silizium-basierten Detektoren und InGaAs-Detektoren zeigte, dass die Messge-

naugigkeit des InGaAs-Typs deutlich besser ist als die des Silizium-Detektors (Tabelle 1).

Um die geforderte Genauigkeit zu erzielen, fiel die Wahl auf einen InGaAs-Detektor mit einem Wellenlängenbereich von 950 bis 1530 nm und einer Auflösung von 256 Pixel. Daraus wurde der „HarvestLabTM“-Sensor entwickelt, der eine automatische interne Schwarz-/Weiß-Referenzierung ermöglicht. Dadurch konnte die Anzahl externer Referenzierungen auf eine pro Jahr oder eine pro Serviceumbau beschränkt werden. Die Platine des Sensors enthält mit 64 MB genug Speicher, um Software und mehrere Kalibrierungen zu enthalten, und zudem einen Prozessor, der Rohspektren in Analysewerte umrechnet und auf dem CAN-Bus zur Verfügung stellt. Darüber hinaus bietet der Sensor einen Netzwerkanschluss für den stationären Einsatz und eine USB-Schnittstelle zum Datentransfer. Dieser Sensor kann sowohl auf Landmaschinen als auch als stationäre Einheit in Kombination mit einem Drehteller verwendet werden (Bild 1). Die geforderte Verschleißfestigkeit wurde durch den Einsatz eines gehärteten Stahls in Kombination mit einer Saphir-Glasscheibe erreicht.

Rückschlüsse über erzielbare Genauigkeiten bei der Feuchtebestimmung im prakti-

schon Einsatz ermöglicht Bild 2. Es zeigt das Ergebnis einer Validierung für den stationären Betrieb des Sensors.

Mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,97 und einem SEP von 1,9% erfüllen diese Ergebnisse die gesetzten Anforderungen. Bei der Vorverarbeitung durchliefen diese Daten eine Kubelka-Munk-Transformation, eine Streulichtkorrektur (Standard Normal Variante) und eine 2. Ableitung. Unter den vielen getesteten Vorverarbeitungsvarianten führte diese Kombination häufig zu den besten Ergebnissen. Bleiben die Daten unbehandelt, so verschlechtert sich im obigen Beispiel R^2 auf 0,89 und SEP auf 3,3%.

Trotz der wesentlich ungünstigeren Bedingungen für die Messungen im Häcksler bringt der Sensor auch im mobilen Einsatz gute Ergebnisse (Bild 3).

Werden die drei offensichtlichen Ausreißer aus dem Datenbestand entfernt, so verringert sich SEP von 4,7 auf 3,8%.

Schlussfolgerung

Der HarvestLabTM-Sensor hat in den Tests und im ersten Jahr der Serienproduktion für den selbstfahrenden Feldhäcksler gezeigt, dass alle Anforderungen erfüllt werden. Eine Schlüsselkomponente für den Einsatz der NIRS-Technologie stellt das richtige chemometrische Verfahren für die Verarbeitung der Spektraldaten dar. Für eine robuste Kalibrierung ist es unabdingbar, dass genügend repräsentative Spektren von unterschiedlichen Sorten, aufgewachsen auf unterschiedlichen Böden mit verschiedenen Reifegraden gesammelt werden.

Fruchtart: Raps / Anzahl Proben: 390 / Feuchtebereich 6,4 - 21,0%				
Detektorart	Wellenlängenbereich [nm]	Anzahl PLS*-Faktoren	Bestimmtheitsmaß R^2	SECV** [%]
Silizium	850 - 1050	5	0,987	0,442
InGaAs	1100 - 1600	3	0,994	0,290
Fruchtart: Alfalfa frisch / Anzahl Proben: 755 / Feuchtebereich 5,0 - 81,9%				
Detektorart	Wellenlängenbereich [nm]	Anzahl PLS*-Faktoren	Bestimmtheitsmaß R^2	SECV** [%]
Silizium	800 - 1080	7	0,917	5,78
InGaAs	1000 - 1600	7	0,984	2,55

* Partial Least Square; ** Standard Error of Cross Validation

Tab. 1: Ergebnisse der Feuchtemessung verschiedener Detektoren (stationäre Messung)

Table 1: Results from moisture measurements using different types of detectors (static measurement)

Eberhard Nacke, Harsewinkel

Ein Simulationsmodell zur Analyse der Einsatz- und Leistungsparameter von Erntemaschinen

Die weitere Kostensenkung im Ernteverfahren Mähdrusch durch Erhöhung der Leistungskapazität von Mähdreschern erfordert einen immer höheren Aufwand. In der Praxis ermittelte Feldwirkungsgrade zwischen 50 und 65% weisen auf eine Vielzahl weiterer Optimierungsparameter für die Gesamtwirtschaftlichkeit des Mähdreschereinsatzes hin. Mit Hilfe eines Simulationsmodells können eine große Zahl von Stellgliedern auf ihre ökonomische Relevanz hin untersucht werden. Neue Entwicklungen in der Datenerfassung und -übertragung wie Telematics ermöglichen eine deutlich verbesserte Datenqualität der Eingangsvariablen. Das Modell der Verfahrenskette Mähdrusch zeigt Probleme und Potenziale einer optimalen Abstimmung der einzelnen Prozessglieder der Kette auf.

Dr. Eberhard Nacke leitet den Bereich Produktstrategie der CLAAS KGaA, Harsewinkel; e-mail: Nacke@claas.com

Schlüsselwörter

Simulation, Kalkulation, Mähdrescher, Wirtschaftlichkeit

Keywords

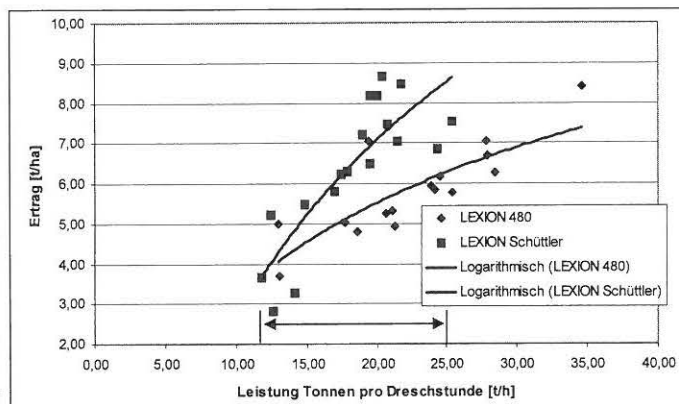
Simulation, calculation, combine harvester, economic efficiency

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07SH23 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Bild 1: Online-Bordbuchauswertung von 24 Mähdreschern

Fig. 1: Online logbook evaluation of 24 combines



Die Entwicklung von Landmaschinen konzentrierte sich in den letzten Dekaden in erster Linie auf die Erhöhung des Leistungspotenzials sowie die Verbesserung von Arbeitsbedingungen und -qualität. So stieg das durchschnittlich verkaufte Leistungspotenzial bei Mähdreschern in Europa in den letzten zehn Jahren um rund 3% pro Jahr. Noch dynamischer entwickelte sich das Leistungspotenzial der jeweiligen Spitzenmodelle einzelner Hersteller. Als Spot-Leistung unter optimalen Bedingungen wurde 2006 in Großbritannien mit dem LEXION 600 ein Korndurchsatz von mehr als 100 t/h gemessen.

Aus Kundensicht entscheidend für Kapazitätsplanung und Wirtschaftlichkeit sind jedoch nicht die auf einer 100 m Messstrecke ermittelten NKB- oder Korndurchsätze, sondern die real auf dem Einzelbetrieb erzielbaren Tages- und Kampagneleistungen und deren Wirtschaftlichkeitskennzahlen.

Produktplanung für Neu- und Weiterentwicklungen von Erntemaschinen sollte daher primär von der Fragestellung ausgehen, wie Wirtschaftlichkeit und effektiv erreichte Leistungen der Ernteprozesskette verbessert werden können. Allein die weitere Erhöhung des technischen Leistungspotenzials ist dabei nicht zwangsläufig der optimale Weg.

Simulationsmodelle bieten grundsätzlich die Möglichkeit, die relevanten Stellgrößen für die Optimierung der Ernteprozesskette zu identifizieren. Die Relevanz früherer Modellansätze scheiterte jedoch häufig an der Datenqualität und dem hohen Programmieraufwand.

Kalkulations- und Beratungsmodell Mähdrescher

In der Industrie ist die Betriebsdatenerfassung (BDE) ein Standardinstrument zur Erfolgskontrolle und Generierung von Planungsdaten. Auch der Landwirtschaft stehen heute zunehmend Möglichkeiten zur Verfügung, Prozessdaten ihrer Produktionsverfahren abzuspeichern und zielgerichtet auszuwerten. Eine entscheidende Weiterentwicklung der summarischen Darstellung in Schlagkarteien bietet die georeferenzierte Zuordnung aller Prozesse zu einer beliebigen Teilfläche. Moderne Sensorik ermöglicht neben der Erfassung und Zuordnung von Ausbringungs- und Erntemengen auch die differenzierte Erfassung und Zuordnung der Betriebsdaten von Arbeitsmaschinen.

Kalkulationsdaten zur Betriebsplanung konnten früher nur durch aufwändige Arbeitszeit- und Leistungsmessungen erhoben werden und die veröffentlichten Anhaltswerte beruhten zwangsläufig meist auf einer sehr begrenzten Datenbasis. Auf Seiten der Wissenschaft wurde der Generierung von Planungsdaten im Pflanzenbau in den vergangenen Jahrzehnten zunehmend weniger Interesse entgegengebracht und kaum Basisarbeit betrieben. Die veröffentlichten Kalkulationsdaten für den Maschineneinsatz in der Landwirtschaft werden daher teilweise nur noch als unzureichende Fortschreibungen alter Daten wahrgenommen.

Mit der Verfügbarkeit neuer Sensoren zur Erfassung managementrelevanter Daten wie Flächenleistungen, Durchsatzleistungen, Einsatzzeiten oder Erntegutparameter ergeben sich Möglichkeiten, die Datenbasis auf

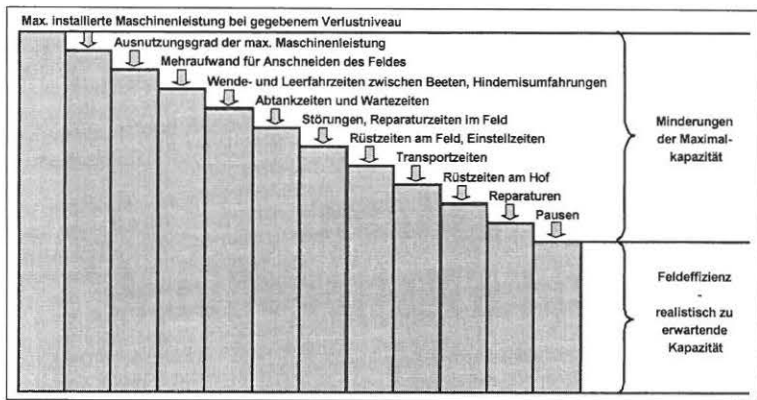


Bild 2: Vorschlag zur Gliederung effizienzbeeinflussender Parameter

Fig. 2: Proposal for classification of efficiency-influencing parameters

eine qualitativ neue Ebene zu heben. Georeferenzierung und Vernetzung mit anderen, für die individuelle Teilfläche verfügbaren Daten ermöglichen weitergehende Interpretationsmöglichkeiten gemessener Daten, die letztlich in eine deutlich verbesserte Datenqualität münden könnten.

Einen weiteren Quantensprung in der Datenerfassung eröffnet die Telematics-Entwicklung. Telematics bietet die Möglichkeit, sich durch die Nutzung von Telekommunikationsdiensten extern in das Bordinformationssystem einer Maschine „einzuwählen“ und zeitnah aktuelle Positions-, Einstellungs- und Leistungsparameter zu überwachen. Ebenso können die realen Prozessdaten der letzten Stunden oder Tage auf einem Server gespeichert werden, auf die dann jederzeit über einen sicheren Zugriff im Internet zurückgegriffen werden kann.

Weiterhin können über Telematics kritische Zustände einzelner Elemente wie Drücke, Temperaturen oder Füllstände überwacht werden. Damit ergeben sich vielfältige Ansätze, das gesamte Ernteprozessmanagement zu optimieren.

- Durch Beobachtung und Vergleich von Einstellungen und Leistungen verschiedener Maschinen kann der Betriebsleiter oder ein „Supervisor“ wertvolle Hinweise zur Verbesserung von Maschineneinstellungen geben und somit zu einer besseren Ausnutzung des Leistungspotenzials beitragen.
- In vielen Betrieben wird ein erheblicher Teil der Kapazitäten einer Erntekette nicht ausgenutzt, da die einzelnen Maschinen nicht optimal aufeinander abgestimmt sind und so erhebliche Wartezeiten entstehen. Durch die zeitnahe Auswertung von Telematics-Daten lassen sich Ernte- und Einsatzleistungen und einzelne Komponenten der Logistikkette zeitnah optimieren.
- Die Nutzung von Telematics zur Fernüberwachung von Betriebszuständen, Füllständen oder Temperaturen einzelner Aggregate kann präventiv Schäden und Einsatzausfälle vermeiden helfen. Sollte es trotzdem zu Betriebsausfällen gekommen sein, ist die Werkstatt oder ein Kundendienstmonteur in der Lage, durch die Analyse relevanter Einsatz- und Messdaten eine Ferndiagnose vorzunehmen und sich bereits vor dem eigentlichen Besuch der Maschine mit den notwendigen Ersatzteilen oder Fach-

kenntnissen auszustatten. Die Höhe der tatsächlichen Ausfallzeit einer Maschine lässt sich somit je nach Schadensfall deutlich verkürzen.

- Insbesondere für Mietmaschinen oder auch für Großbetriebe im Osten spielt die Fähigkeit zum „Global Fencing“ eine nicht unbedeutende Rolle. Mit Hilfe von Telematics kann man nicht nur erfassen, ob und wie Maschinen arbeiten, sondern auch wo. Somit kann sichergestellt werden, dass ein Fahrzeug sich auch tatsächlich auf dem für seinen Einsatz geplanten Territorium bewegt.
- Neben weiteren Möglichkeiten zum Maschinenmanagement und zur Effizienzsteigerung bietet Telematics letztlich auch hervorragende Möglichkeiten zur kontextbezogenen Datenerfassung für Kalkulations- und Planungszwecke.

Die verbesserte Datenverfügbarkeit wird auch individuellen Modellen für Großinvestitionsprojekte neue Möglichkeiten eröffnen. Simulationsmodelle, die die wesentlichen leistungs- und kostenbestimmenden Parameter abbilden, erschließen dem Produktplaner andererseits ebenso wesentliche Erkenntnisse über sinnvolle Ansätze und Stellgrößen bei Neu- und Weiterentwicklungen.

Online-Erfassungen des Ausnutzungsgrades der technisch installierten Maximalleistung von Mähreschern zeigen, dass Praxisleistungen baugleicher Maschinen um bis zu 100% variieren (Bild 1).

Das für Maschinenentwickler wichtige „Installierte Leistungspotenzial“ eignet sich daher für reale Kapazitätsplanungen nicht. Der effektiv erreichte Wirkungsgrad hängt von einer Vielzahl von betriebs- und fahrerspezifischen

Bild 3: Kalkulationsergebnisse com.ec-on

Fig. 3: Calculation results of „com.ec-on“

Theoretische (max.) Flächenleistung	ha/h	4,47
Zu erwartende Flächenleistung	ha/MDh	2,92
Wirkungsgrad (tatsächliche Flächenleistung/Motor-h)		65,4%
Kampagneleistung in Tonnen	t/a	6.052
Kampagneleistung in Hektar	ha/Jahr	672
Feste Kosten insgesamt	€/Jahr	€ 40.260
Veränderliche Kosten insgesamt	€/Jahr	€ 16.872
Gesamtkosten pro Tonne	€/t	€ 9,44
Gesamtkosten pro Hektar	€/ha	€ 84,90
Gesamtkosten pro Jahr	€/Jahr	€ 57.132
Erzielbarer Erlös / Hektar	€/ha	€ 95,00
Umsatz	€/Jahr	€ 63.880
Jahresüberschuss Mähdrusch / Hektar	€/ha	€ 10,04
Jahresüberschuss Mähdrusch	€/Jahr	€ 6.748
Return on Investment (ROI)	%	3,1%

Variablen ab, von denen sich viele über Telematics leicht erfassen lassen.

Zur Beurteilung der Relevanz unterschiedlicher Parameter auf die Effizienz und zur Identifikation wichtiger Stellgrößen für die Weiterentwicklung wird bei CLAAS das Simulationsmodell com.econ (combine economics) entwickelt, mit dem sich die Einsatzbedingungen beim Mähdrusch und der Einfluss einer Veränderung wichtiger Parameter auf die Wirtschaftlichkeit leicht analysieren lassen. Die einzelnen Komponenten des Modells sind angelehnt an gängige Kostenkalkulationen in der Landwirtschaft. Die in Westdeutschland übliche Arbeitszeitgliederung des KTBL in Gesamtzeit, Grundzeit, Hauptzeit und Nebenzeit sollte zur Beurteilung der Effizienz von Verfahren und zur Identifizierung von Stellgrößen mit Potenzial weiter unterteilt werden. Ergänzend zu der aus den USA bekannten Arbeitszeitgliederung in Bild 2 sollte berücksichtigt werden, dass kaum ein Fahrer eine Maschine über einen Arbeitstag ohne zusätzliche Hilfsmittel ständig an der technischen Kapazitätsgrenze fahren kann. Daher sollte zusätzlich die Variable „Ausnutzungsgrad der maximalen Maschinenleistung“ Berücksichtigung finden (Bild 2).

Analyse kostenrelevanter Parameter

Als Ergebnis werden verschiedene Effizienz- und Wirtschaftlichkeitskennzahlen ausgewiesen, die eine Analyse der Gesamtwirtschaftlichkeit einer Investition und einen Vergleich der relativen Vorzüglichkeit von Verfahrensalternativen erlauben (Bild 3).

Insgesamt stehen 44 Variable zur Verfügung, an Hand derer durch systematische Iteration Stellgrößen zukünftiger Weiterentwicklungen eingeordnet und gewichtet werden können.

Die Simulation realer Druschverhältnisse auf Basis einzelbetrieblicher Werte und Daten, die über Telematics erfasst wurden, unterlegt die Aussage, dass im größten Teil der Betriebe nur eine Feldeffizienz von 50 bis 65% erreicht wird.

Georg Steinberger, Freising

Integration der automatischen Prozessdatenerfassung in landwirtschaftliche Informationsflüsse

Information wird zunehmend zu einem wertvollen Rohstoff, nicht nur für die "Informationsgeleitete Pflanzenproduktion" im präzisen Landbau, sondern auch für die täglichen Aufgaben des Betriebsmanagements und die Dokumentation in landwirtschaftlichen Betrieben. Dabei spielen auch Prozessdaten aus der Arbeitserledigung mit Maschinen eine Rolle. Erste Systeme zur Prozessdatenerfassung sind am Markt. Die bereits 1999 begonnenen Arbeiten zur Datenerfassung [1] und Auswertung [3] werden nun im Verbundprojekt pre agro fortgeführt und Lösungen zur Integration der Informationen aus der automatischen Prozessdatenerfassung entwickelt.

Mit der Zunahme von Daten und Informationen steigt auch der Bedarf Daten auszutauschen, unter anderem um Daten bei einmaliger Erfassung mehrfach nutzen zu können. Dabei spielen standardisierte Schnittstellen eine entscheidende Rolle. Als Datenformat für die Landwirtschaft wurde hier agroXML vorgeschlagen [2]. Für den automatisierten Datentransfer kommen in der Industrie zunehmend Webservices zum Einsatz und sind auch ein Lösungsansatz, um den Datenfluss entlang der Wertschöpfungskette im Agribusiness zu automatisieren [4]. Um dieses Potenzial auch für innerbetriebliche Anwendungen, im Speziellen für "Precision Farming", zu erschließen, wurde im Verbundprojekt pre agro eine Servicearchitektur für den landwirtschaftlichen Datenaustausch vorgeschlagen [6]. Über verteilte, über das Internet erreichbare Services können je nach Anwendungsfall Daten und Funktionalität mit Hilfe eines Webservice-Clients in die Farmmanagementsoftware (FMIS) des Landwirts integriert werden.

Integration von Prozessdaten

Um nun Prozessdaten in die Informationsflüsse innerhalb dieses Architekturkonzeptes zu integrieren, sind mehrere Teilaufgaben zu lösen:

- Die Daten müssen entsprechend den Informationsanforderungen des präzisen Landbaus direkt bei Ausführung der Arbeiten auf den Maschinen erfasst werden
- und dann ohne Zutun des Landwirts einem

Datenverarbeitungssystem zugeführt werden können.

- Die Informationen müssen analysiert, in logische Einheiten zusammengefasst und so vorbereitet zur Nutzung bereitgestellt werden.
- Für die weitere Verwendung der Information muss der Landwirt über ein System verfügen, das diese Information abrufen und mit ihr arbeiten kann.

Landwirtschaftlicher Prozessdatenservice

Um Prozessdaten und die Information, die durch deren Auswertung generiert werden kann, zu nutzen und um die vorgeschlagene Infrastruktur zu testen, wurde ein landwirtschaftlicher Prozessdatenservice implementiert [5]. Bild 1 zeigt den Aufbau.

Die Datenerfassung erfolgt mit einem nach dem ISOBUS-Standard (ISO 11783) entwickelten Datenerfassungsgerät (Task-Controller) und auch mit kommerziellen Systemen auf Projektbetrieben. In Zeitintervallen zwischen einer Sekunde und einer Minute werden Zeit, Ort (GPS) sowie Maschinendaten (Geschwindigkeit, Motordrehzahl, Kraftstoffverbrauch, Hubwerksposition, Applikationsmengen) automatisch erfasst.

Für die Übertragung der Daten von der Maschine auf einen Server kommen Bluetooth und GSM zum Einsatz.

Die Daten werden an einen leistungsfähigen Server übertragen, vorverarbeitet und in einer Datenbank (PostgreSQL) abgelegt. Die Auswertung der Daten erfolgt innerhalb

Dipl.-Ing. agr. Georg Steinberger ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Fachgebiets Technik im Pflanzenbau der Technischen Universität München, Am Staudengarten 2, 85354 Freising; e-mail: georg.steinberger@wzw.tum.de

Schlüsselwörter

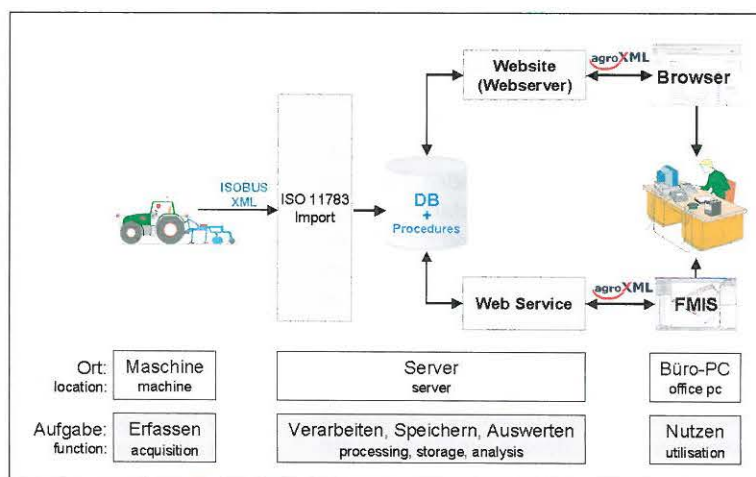
Prozessdaten, Informationsmanagement

Keywords

Process data, information management

Bild 1: Aufbau und Datenfluss des landwirtschaftlichen Prozessdatenservices

Fig. 1: Design and data flow of the Agricultural Process Data Service



ciako@in.de

AGROTRON K. EINEN KOMPAKTEN MIT VERGLEICH- BARER AUSSTATTUNG GIBT ES NICHT.



Die SAME DEUTZ-FAHR Group wünscht
Prof. Dr. Auernhammer alles Gute
in seinem wohl verdienten Ruhestand.



SAME DEUTZ-FAHR

Mit dem neuen Agrottron K Profiline hat DEUTZ-FAHR einen Kompakten von 90-120 PS (66-88 kW) mit allen Vorteilen der erfolgreichen Agrottron-Reihe: 50 km/h, elektr. Steuergeräte, Comfortip, PowerCom S Armlehne, Kompaktkühlanlage, Agrottron-Freisichtkonzept, LS-Pumpe, Kostenkiller-Faktor und vieles mehr machen ihn zum Ausstattungs-Champion seiner Klasse. Testen Sie den Agrottron K Profiline jetzt bei Ihrem DEUTZ-FAHR Händler.

SAME DEUTZ-FAHR DEUTSCHLAND GmbH, www.deutz-fahr.de



VERNUNFT FÜHRT WEITER.

der Datenbank mit sogenannten Stored Procedures, also gespeicherten Funktionen, die von anderer Software gesteuert die Verarbeitung übernehmen. Mit der Datenbankerweiterung PostGIS können auch räumliche Informationen genutzt werden. So erfolgt zum Beispiel die Zuordnung eines Datensatzes zu einem Schlag anhand der GPS-Position ebenfalls mit Hilfe von Datenbankfunktionen. Die bisher entwickelten Analysealgorithmen sind in der Lage, die in den Daten enthaltene Information durch schrittweises Generieren von Zusatzinformationen zu Arbeitsprozessen und Maßnahmen zusammenzufassen. Auch das mehrmalige Anfahren eines Schlages mit Unterbrechungen, wie beispielsweise beim Auffüllen des Behälters bei der Düngung, kann festgestellt und entsprechend ausgewiesen werden. Entsprechende Funktionen verhindern das Anlegen einer zusätzlichen Maßnahme beim kurzzeitigen Verlassen eines Schlages. Derart aufbereitet, stehen die Informationen für einen schnellen Zugriff über verschiedene Abfragemechanismen zur Verfügung.

Der Zugriff erfolgt nicht direkt an der Datenbank, sondern es wurden zwei unterschiedliche Mechanismen zwischengeschaltet. Eine Website, die ihre Daten dynamisch aus der Datenbank bezieht, dient als direkte Schnittstelle zum Benutzer. Dort kann er durch die verschiedenen Maßnahmen über verlinkte Tabellen navigieren, sich Auswertungen anzeigen lassen oder agroXML-Dateien mit Maßnahmen zum Download generieren lassen. Als zweiter Zugriffsmechanismus wurde entsprechend des Architekturvorschlages eine Webservice-Schnittstelle eingerichtet. Diese kann direkt über eine mit einem agroXML-Client ausgestattete Schlagkartei (agrocom) angesprochen werden. Die Informationen werden in der Schlagkartei genutzt, um dem Benutzer auf automatisiertem Weg Buchungsvorschläge für Maßnahmen anzuzeigen und um die dazugehörigen Schlagumrisse und Prozessdatenpunkte zu zeigen.

Potenziale

Durch die Integration der Prozessdatenverarbeitung in die Serviceumgebung lassen sich die Vorteile dieses Architekturkonzeptes nutzen. Maßnahmen können automatisiert in die Schlagkartei des Landwirts eingebucht werden. Ebenso können alle Daten, auf die mit hoher Frequenz zugegriffen wird, lokal auf dem Rechner des Landwirts gespeichert werden (ähnlich den temporären Dateien im Webbrowser). Die Prozessdaten selbst müssen nur in den entsprechenden Anwendungsfällen übertragen werden; und dann auch nicht zwingend zum Landwirt. So können zum Beispiel Prozessdaten als vor-

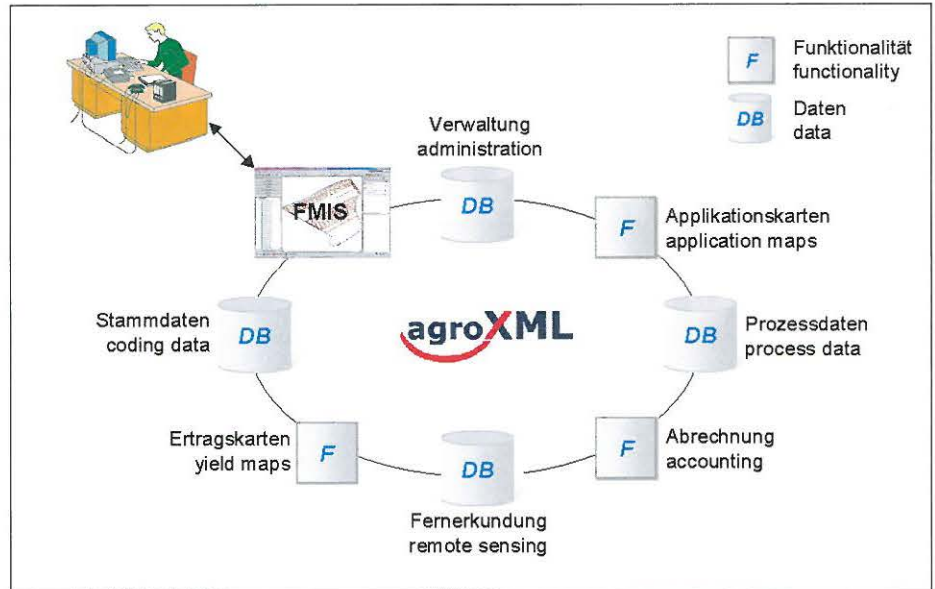


Bild 2: Farmmanagementsoftware als Verbindung zu einer landwirtschaftlichen Servicearchitektur

Fig. 2: Farm management software as entry to distributed service architecture in agriculture

verarbeitete Daten direkt an einen Service zum Erstellen von Ertragskarten ausgeliefert werden. In diesem Fall werden über die Datenleitung des Landwirts nur der Auftrag für das Erstellen der Rasterkarte und das Ergebnis gesendet. Die komplette weitere Datenbeschaffung kann über kaskadierende Webservices im Hintergrund erfolgen. Das Verarbeiten und Speichern der Daten auf einem Server ermöglicht den zeitlich und örtlich unabhängigen Zugriff auf die Informationen und eröffnet so ein breites Spektrum für die Datennutzung. Zusätzlich werden die ressourcenintensiveren Aufgaben sowie das Backup-System vom Prozessdatenservice übernommen.

Fazit und Ausblick

Die bisherigen Tests lassen den gezeigten Lösungsansatz als zielführend erscheinen. Integriert in eine Servicearchitektur für das Datenmanagement in der Landwirtschaft zeichnen sich neue Möglichkeiten im Umgang mit und der Nutzung von Daten ab. Für die Einführung eines solchen Informationsmodells sind allerdings Standards für den Datenaustausch unabdingbar. Mit agroXML stehen Möglichkeiten für Referenzimplementierungen zur Verfügung. Um die notwendigen Schnittstellen für die zahlreichen Anwendungsfälle zu realisieren, sind weitere Standardisierungsbemühungen, vor allem auch auf internationaler Ebene notwendig. Mit der Nutzung von Webservices mit standardisierten Schnittstellen können in der Landwirtschaft viele der Vorteile genutzt werden, die die heutige Informationstechnologie bietet und die sich in der Industrie bereits durchsetzen. Für den Betriebler wird damit die Managementsoftware die Schnitt-

stelle zum einem Pool an Services mit Daten und Funktionalität, die über standardisierte Schnittstellen eingebunden werden können (Bild 2). Dadurch wird eine individuelle Anpassung der Informationsverarbeitung und des Datenaustauschs an die betrieblichen Gegebenheiten ermöglicht.

Danksagung

Die Bearbeitung des Themas erfolgt als Teilprojekt 8 "Integration automatisierter Prozessdatenerfassung in Informationsflüsse" im Rahmen des Verbundprojekts pre agro, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird.

Literatur

- [1] Auernhammer, H., M. Demmel and A. Spangler: Automatic process data acquisition with GPS and LBS. AgEng, Warwick, 2000
- [2] Doluschitz, R., und M. Kunisch: agroXML - ein standardisiertes Datenformat für den Informationsfluss entlang der Produktions- und Lieferkette. Zeitschrift für Agrarinformatik, (2004), H. 4, S. 65-67
- [3] Rothmund, M., and H. Auernhammer: A web based information management system for process data designed with open source tools. Engineering the future, AgEng, Leuven, 2004 (CD-ROM)
- [4] Spilke, J., und K. Zörnstein: Webservices - Beschreibung eines Ansatzes zur Anwendungskopplung und von Nutzungsmöglichkeiten im Agrarbereich. Zeitschrift für Agrarinformatik, (2005), H. 2, S. 33-40
- [5] Steinberger, G., M. Rothmund and H. Auernhammer: Agricultural Process Data Service (APDS). Agricultural Engineering for a Better World, Proceedings of XVI CIGR World Congress (CD-ROM), VDI-Verlag, 2006
- [6] Steinberger, G., M. Rothmund, D. Martini, C. Spietz, D. Mallon und E. Nash: Integration von agroXML in eine landwirtschaftliche Geodateninfrastruktur. Landtechnik, 62 (2007), H. 2, S. 114-115

Patrick Ole Noack, Adelschlag

Standards für den elektronischen Datenaustausch in der Landwirtschaft

Bei der Anschaffung neuer Maschinen sollte es aus Sicht des Landwirts eine Selbstverständlichkeit sein, dass die Geräte nicht nur mechanisch, sondern auch elektronisch kompatibel mit vorhandener Technik sind. Ebenso selbstverständlich sollte der Betriebsleiter mit einem einzigen Programm die Daten aller Maschinen lesen, verarbeiten und - falls er teilflächenspezifische Landwirtschaft betreibt - schreiben können.

Warum der Umgang mit elektronischen Daten in der Landwirtschaft 15 Jahre nach Beginn der Normungsbestrebungen immer noch so schwierig ist, ist schwer zu beantworten. Neben der Langwierigkeit von Normungsprozessen könnte es auch sein, dass Traktoren-Hersteller an der Umsetzung von Normen nur ein geringes Interesse haben.

Dr. agr. Patrick Ole Noack ist Mitarbeiter bei der Firma geo-konzept GmbH, Gut Wittenfeld, 85111 Adelschlag; e-mail: pnoack@geo-konzept.de

Schlüsselwörter

Standardisierung, Datenaustauschformate

Keywords

Standardization, data interchange

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07SH17 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Standards bestimmen unser Leben und machen vieles einfacher. Das beste Beispiel ist die Sprache, bei der durch gesellschaftliche Konvention einer Aneinanderreihung von Lauten oder Buchstaben eine Bedeutung zugewiesen wird. Diese Konvention ist als Standard oder Norm für die deutsche Sprache im Duden niedergeschrieben und festgesetzt. Ein anderes Beispiel: Sie lesen gerade in einem Heft, das im DIN A4 Format erscheint. Wenn Sie dieses Heft verschicken wollen, können Sie in jedem beliebigen Geschäft für Bürobedarf ein passendes Kuvert erwerben, ohne die genauen Maße zu kennen. Das war bis zum Jahr 1922, in dem das DIN A4 Format in der DIN 476 festgelegt wurde, alles andere als selbstverständlich.

Windows und Word als Quasi-Standard

Im Bereich der digitalen Datenverarbeitung haben die Hersteller von Mikroprozessoren lange individuelle Strategien verfolgt. Alle Anwendungen wurden bis Anfang der 80er Jahre speziell für bestimmte Prozessortypen entwickelt und konnten nur auf diesen Prozessortypen ausgeführt werden. Inzwischen hat sich das Betriebssystem Microsoft Windows im Bereich der Personal Computer zu einem Quasi-Standard entwickelt. Es ist dabei auch selbstverständlich geworden, dass Textdokumente - meist im Microsoft Word Format - mit allen gängigen Programmen für Textverarbeitung gelesen, bearbeitet und gespeichert werden können.

Positionen und Karten in einheitlichen Formaten

Geographische Informationssysteme (GIS) werden in der Landwirtschaft als grafische Ackerschlagdateien oder als Ertragskartierungsprogramme eingesetzt. Die Firma ESRI hat mit ihrem Shape Dateiformat einen Quasi-Standard für den Austausch von geografischen Informationen geschaffen. Geografische Informationssysteme, die das ESRI Shape Format nicht zumindest lesen können, sind deshalb am Markt kaum erhältlich und fast nicht einzusetzen. Der Vorteil für den Anwender liegt auf der Hand: Geodaten in Vektorform können mit diesem Format leicht ausgetauscht werden und zwar un-

abhängig davon, welches Programm für die Erstellung oder Bearbeitung der Daten eingesetzt wurde.

Im Bereich Satellitenortungssysteme wurde bereits 1983 von der National Marine Electronics Association (NMEA) mit NMEA 0183 ein Standard für die Ausgabe von Positionsdaten über eine serielle Schnittstelle geschaffen. Dieses ASCII Protokoll wird heute von jedem GPS Empfänger unterstützt und stellt sicher, dass die Positionsdaten unabhängig vom Hersteller des GPS Empfängers von allen Anwendungen gelesen werden können. Mit dem NMEA 2000 Standard steht seit einigen Jahren auch ein Protokoll für CAN basierte Systeme zur Verfügung.

Standards in der Landwirtschaft

Auch in der Landwirtschaft spielen Standards eine wichtige Rolle. In der ISO Norm 11001 sind Form und Eigenschaften von Schnellkupplern an landwirtschaftlichen Traktoren und Geräten beschrieben und festgelegt. Sie stellt sicher, dass sich Arbeitsgeräte unterschiedlicher Hersteller an der Dreipunkthydraulik eines Traktors anbauen lassen. Auch dies ist heute schon fast eine Selbstverständlichkeit. Ein weiteres Beispiel aus dem landwirtschaftlichen Bereich zeigt allerdings auch, dass man es mit der Normung übertreiben kann: die DIN 10050-8 legt fest, wie der wasser- und kochsalzfreie Glührückstand von Buttereinwicklern zu bestimmen ist.

CAN als Standard in der Fahrzeugtechnik

Im Bereich der Fahrzeugtechnik wurden seit Ende der 80er Jahre zunehmend elektronische Komponenten verwendet. Aus dem Anspruch, die Steuerung und Regelung von Prozessen des Fahrzeugs zu verbessern und neue Funktionen zu entwickeln, entstand die Notwendigkeit, schnell und sicher Daten zwischen den elektronischen Bauteilen auszutauschen. Die Firma Bosch stellte hierfür 1986 das Konzept eines Controller Area Networks (CAN) vor. Innerhalb dieses Netzwerks werden Informationen - ähnlich wie im Internet - zwischen Steuerungsrechnern in Form von Nachrichten auf Basis von Pro-

tokollen ausgetauscht. Das Konzept setzte sich durch und die Bosch Spezifikation für CAN Nachrichten wurde 1993 als ISO 11898 in eine internationale Norm umgesetzt. Erst mit Hilfe von CAN konnten so komplexe Funktionen wie ABS in Autos umgesetzt werden.

CAN für den Traktor

Auch die Landtechnikindustrie, vertreten durch die Landmaschinen- und Acker-schleppervereinigung im Verband der Maschinen- und Anlagenbauer (VDMA-LAV), hat sich seit Mitte der 80er Jahre bemüht, einen Standard für die CAN basierte Kommunikation zwischen elektronischen Bauteilen in Landmaschinen zu schaffen. Das landwirtschaftliche Bussystem (LBS) sollte in Form einer Norm (DIN 9684) nicht nur festlegen, wie Steuerungsrechner innerhalb einer Maschine miteinander kommunizieren. Der Austausch von Informationen und Steuerbefehlen zwischen Traktor und Anbaugerät war in den Normungsentwürfen ebenso skizziert wie der Austausch von Daten zwischen dem Traktor und einem auf einem PC installierten Managementsystem (Ackerschlagkartei). Bevor die Arbeiten an der Normung abgeschlossen werden konn-

ten, nahm sich die übergeordnete International Organization for Standardisation (ISO) derselben Thematik an und entschloss sich, auf der Basis eines für Busse und Lastkraftwagen entwickelten Protokolls (J1939) einen internationalen Standard (ISO 11783) für CAN Busse auf land- und forstwirtschaftlichen Fahrzeugen zu erarbeiten. Die grundlegenden Festlegungen für die Kommunikation innerhalb eines CAN (ISO 11783-1) wurden erst vor wenigen Wochen am 20. 6. 2007 in den Rang eines veröffentlichten internationalen Standards erhoben. Nachgeordnete Normen zu Datenformaten (ISO 11783-11) und dem Aufbau eines Bedienterminals (ISO 11783-6) wurden zum Teil bereits zu einem früheren Zeitpunkt fertiggestellt.

Datenaustauschformate

Verschiedene Daten, die Mikroprozessoren auf dem CAN Bus austauschen, sind für den Fahrer oder den Besitzer der Maschine teilweise von erheblichem Interesse. Die gefahrene Geschwindigkeit, der aktuelle Kraftstoffverbrauch, die Zapfwelldrehzahl, die Stellung der Dreipunkthydraulik oder - bei modernen Mähreschern - der aktuelle Durchsatz und die Kornfeuchte: all diese In-

formationen sind auf dem Bus vorhanden. Die Werte können teilweise auf einem virtuellen Terminal (nach ISO 11783-6) angezeigt und beeinflusst werden. Natürlich ist es auch interessant diese Werte zu speichern, um sie zu einem späteren Zeitpunkt auszuwerten oder darzustellen. Dies gilt insbesondere dann, wenn neben den Leistungswerten und den Zuständen der Maschine auch mit Hilfe von GPS die Position und die Uhrzeit erfasst werden kann.

Um die Daten auswerten oder in Form einer Karte darstellen zu können, müssen die Daten auf einen PC übertragen und dort verarbeitet werden. Das Programm, mit dem die Daten verarbeitet werden sollen, muss hierzu wissen, in welcher Form die Daten abgelegt wurden. Im besten Falle sollte diese Form - das Datenformat - unabhängig vom Hersteller der Maschine sein, so dass Daten von verschiedenen Maschinen mit demselben Programm verarbeitet werden können. Ein solches Datenformat war bereits durch den LAV im VDMA als DIN 9684-5 skizziert worden und soll jetzt durch die Norm ISO 11783-11 festgeschrieben werden.

Parallel wird vom KTBL, dem Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, eine Norm erarbeitet, die die strukturierte Datenhaltung und den Aus-



osb

INGENIEUR- UND IT-DIENSTLEISTUNGEN

Die OSB AG entwickelt zusammen mit Ihrem Unternehmen intelligente Elektronik- und Softwarelösungen für die Landtechnik der Zukunft.

Komplexe technologische Aufgaben erfordern Sachkenntnis und Erfahrung. In unserem Competence Center Embedded Systems haben wir uns daher auf die Entwicklung von ISOBUS-Steuerungen für die Landtechnik spezialisiert.

Als Basis für die ISOBUS-Anwendungen unserer Kunden haben wir die Open Source Software-Bibliothek ISOAgLib entwickelt. Die ISO-Norm 11783 setzen wir damit konsequent um.

Die OSB AG wächst seit 2003 kontinuierlich und beschäftigt heute mehr als 200 Mitarbeiter an fünf Standorten in Deutschland.

Nutzen Sie unseren technologischen Vorsprung. Mit unserem Wissen werden Ihre Ideen Wirklichkeit.

www.osb-ag.de | www.isoaglib.org

Development of ISO 11783 applications in an Object Oriented way

tausch landwirtschaftlicher Sachverhalte ermöglichen soll. agroXML lehnt sich hierbei eng an den internationalen XML Standard (Extensible Markup Language) an und enthält bereits alle wesentlichen Elemente des Pflanzenbaus.

Standards in der Praxis

Die mechanischen Schnittstellen zwischen Traktoren und Anbaugeräten (Hydraulikanschlüsse, Dreipunktanbau) sind heute weitgehend standardisiert. Hingegen bereitet die Vielfalt von Dateiformaten und Protokollen den Landwirten bei der Nutzung der Agrar-elektronik heute noch Schwierigkeiten.

Ertragsdaten, die mit unterschiedlichen Ertragsmesssystemen auf zwei oder mehr Mähdreschern auf einem Feld aufgezeichnet wurden, können nur von Spezialisten erstellt werden. Um die Daten über mehrere Zwischenschritte in einer Karte zusammenzuführen, werden mehrere Programme benötigt, deren Bedienung teilweise alles andere als selbsterklärend ist. Auch nach der Umstellung auf ein anderes Ertragsmesssystem mit dazugehöriger Software ist die Möglichkeit, Ertragsdaten aus den vorhergehenden Jahren in das neue Programm zu übernehmen, keine Selbstverständlichkeit. Diese Einschränkungen haben bei vielen Betrieben dazu geführt, sich von dem Verfahren der lokalen Ertragsermittlung abzuwenden.

Für Landwirte, die im Rahmen einer Maschinengemeinschaft einen Traktor gemeinsam anschaffen, wäre es komfortabel, Daten vom CAN Bus aufzuzeichnen. Mit den Daten könnten Kraftstoffverbrauch und Betriebsstunden bequem abgerechnet und Kosten für Schäden durch Fehlbedienung klar zugeordnet werden. Leider sind entsprechende Lösungen nur für die Modelle einzelner Hersteller verfügbar. Die Geräte für die Datenaufzeichnung und das bei der Aufzeichnung verwendete Datenformat sind nicht kompatibel. Aus diesem Grund hat sich die sogenannte Prozessdatenerfassung trotz ihrer offensichtlichen Vorteile für Maschinengemeinschaften, Maschinenringe und Lohnunternehmer nicht durchgesetzt.

Prozessdatenerfassung und Ertragskartierung sind auch Grundlage für die Umsetzung einer Gewannebewirtschaftung, bei der Schläge mehrerer Besitzer als ein Schlag bewirtschaftet werden. Die Abrechnung von Ertrag und Kosten erfolgt nach der Ernte automatisch über die räumliche Zuordnung der Prozessdaten und Ertragsdaten zu den Schlägen und Eigentümern. Dass dieses Verfahren in kleinräumig strukturierten Gebieten bisher nur sporadisch umgesetzt wird, hat neben psychologischen Barrieren vor allem den Grund, dass eine standardisierte und herstellerunabhängige Erfassung und Verarbeitung der Daten nicht möglich ist.

Mit der Elektronik auf Traktoren und Anbaugeräten ist es neben der Datenaufzeichnung auch möglich Prozesse zu steuern. Die teil-schlagspezifische Landbewirtschaftung zielt etwa darauf ab, Maßnahmen in bestimmten Bereichen eines Schlages mit unterschiedlicher Intensität durchzuführen. Dazu werden im Vorfeld am PC sogenannte Applikationskarten mit Vorgabewerten für die Teilflächen erstellt. Diese werden auf ein Terminal auf dem Traktor übertragen. Das Terminal hat die Aufgabe in Abhängigkeit der Position das Anbaugerät (Düngerstreuer oder Spritze) anzusteuern und dabei die zuvor definierten Sollwerte für eine Teilfläche einzustellen.

Durch das Fehlen von Standards für Datenformate wird die Erstellung von Applikationskarten erheblich erschwert. In der Regel wird mehr als ein Programm für die Erstellung der Sollwertkarte benötigt. Für die Umsetzung der Sollwertkarte auf dem Fahrzeug werden zum Teil noch immer mehrere miteinander verbundene Terminals und Jobrechner benötigt. Alle Protokolle müssen aufeinander abgestimmt und alle Geräte richtig angeschlossen sein. Diese Herangehensweise ist sehr fehlerträchtig und könnte durch standardisierte Datenformate und Kommunikationsprotokolle erheblich vereinfacht werden.



ZF sollte drin sein.

Denn mit unseren
Best Tech Antriebs-
systemen fahren
Sie am Besten.



www.zf.com

ZF Best Tech-Antriebstechnologie sorgt für kraftvolle Bewegung bei Traktoren und Mähdreschern. Einbaufertige ZF Best Tech-Achsen, Getriebe und elektronische Steuerungen stellen sicher, dass jede Fahrzeuglösung in ihrer Leistungsklasse stets mit technisch idealer Dimensionierung glänzen kann. ZF Best Tech: Soviel Hightech wie nötig, soviel Wirtschaftlichkeit wie möglich. Mit den modularen Best Tech-Komponenten erhalten Sie einen besonderen Mehrwert, der sich unmittelbar auf Ihren Markterfolg auswirkt.

Antriebs- und Fahrwerktechnik



Markus Ehrl, Freising

Steer-by-Wire via ISOBUS

Satellitengestützte Navigationssysteme stellen einen viel versprechenden Lösungsansatz zur weiteren Automatisierung von landwirtschaftlichen Arbeitsmaschinen dar. Die Integration dieser Technik in die mechanische, hydraulische und speziell in die elektronische Struktur der Maschinen ist vor allem unter sicherheitskritischen Aspekten zu betrachten. Insbesondere moderne Traktoren bieten die Verwendung von ISOBUS mit deren weit reichenden Vorteilen. Deshalb wurde das Leistungsvermögen des ISOBUS Standards bezüglich der Anwendbarkeit für X-by-Wire Applikationen unter verschiedensten Gesichtspunkten untersucht. Im Speziellen wurden wichtige Merkmale von sicheren X-by-Wire Systemen betrachtet und bewertet.

M.Sc., Dipl.-Wirt. Ing., Dipl.-Ing. (FH) Markus Ehrl ist wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik (komm. Leitung: Prof. Dr. Hermann Auernhammer) der Technischen Universität München, Am Staudengarten 2, 85354 Freising-Weißenstephan; e-mail: markus.ehrl@wzw.tum.de

Schlüsselwörter

Elektronische Kommunikation, ISO 11783, ISOBUS, Steer-by-Wire, X-by-Wire

Keywords

Electronic communication, ISO 11783, ISOBUS, Steer-by-Wire, X-by-Wire

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07SH24 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Die Einführung von satellitengestützten automatischen Spurführungssystemen war ein großer Schritt Richtung Robotisierung von Traktoren. Dies unterstreicht den generellen Trend hin zu Systemen mit immer mehr automatisierten Funktionen [1, 2].

Die Hauptgrundlage für die Automatisierung von einzelnen Funktionen ist die Vernetzung aller elektronischen Subsysteme zu einem verteilten System. Im landwirtschaftlichen Bereich definiert der ISO 11783 (ISOBUS) Standard ein offenes Kommunikationsprotokoll auf physikalischer Ebene sowie auf Applikationsebene und setzt auf das Controller Area Network (CAN) Protokoll auf [3].

X-by-Wire ist ein Konzept, in dem sicherheitskritische Funktionen von Maschinen wie das Lenken oder Bremsen vollständig über elektronische Systeme gesteuert werden. Das Kommunikationsnetzwerk ist hierfür das Rückgrat für X-by-Wire Anwendungen und hat essentielle Anforderungen, welche grundsätzlich von zeitgesteuerten Protokollen erfüllt werden [4].

Ziel ist die Betrachtung der Integrationsmöglichkeit von Steer-by-Wire in ISOBUS Netzwerke, welche grundsätzlich auf CAN basieren. Um dies zu erreichen, wurden grundlegende Prinzipien und Anforderungen von sicheren, fehlertoleranten und echtzeitfähigen Kommunikationssystemen analysiert.

Gerätegeneration werden diese Systeme dann in die Gesamtarchitektur integriert. Dies kann man für die gesamte Bandbreite der automatischen Spurführungssysteme im landwirtschaftlichen Sektor voraussetzen. Die meisten der hierfür notwendigen Komponenten wie Benutzerschnittstelle, Navigationsrechner, Proportionalventile und hochpräzise GPS Sensoren werden dem Traktor hinzugefügt, ohne oder nur mit geringfügiger Einbindung in die Gesamtarchitektur. Betrachtet man die erste Generation von automatischen Spurführungssystemen, so ist eine Integration in das ISOBUS Kommunikationssegment auf Basis standardisierter Kommunikation auf ideale Weise möglich, wobei das virtuelle Terminal (VT) als Benutzerschnittstelle optimal verwendet werden kann.

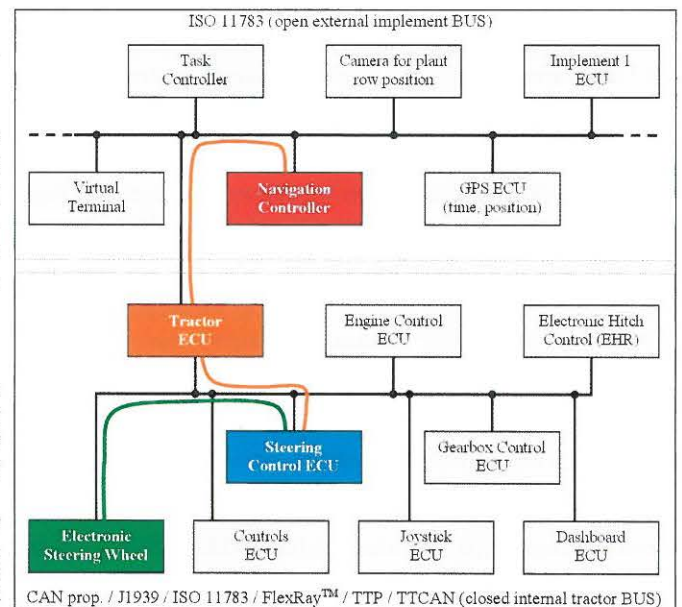
ISOBUS ist ein offenes, laufzeitvariables Netzwerk mit hohen Anforderungen an die Kommunikationssicherheit und Echtzeitfähigkeit. Bild 1 zeigt den Weg des Lenkwinkelsollwerts. Dieser läuft vom ISOBUS-Segment über die Traktor ECU (T-ECU) als Gateway in das traktorinterne Netzsegment hin zum Lenksteuergerät. Da für die Weiterleitung zwischen den BUS-Segmenten ein Gateway notwendig ist, entstehen an dieser Stelle nur ungenau vorhersagbare Verzögerungen.

Architektur für Steer-by-Wire

Innovationen auf Basis von Elektronik werden in der Regel zuerst als in sich abgeschlossene Lösung ausgeführt. Erst in der zweiten oder dritten

Bild 1: Netzwerktopologie mit Navigationscontroller im externen ISOBUS Segment

Fig. 1: Network topology with the Navigation Controller in the external ISOBUS segment



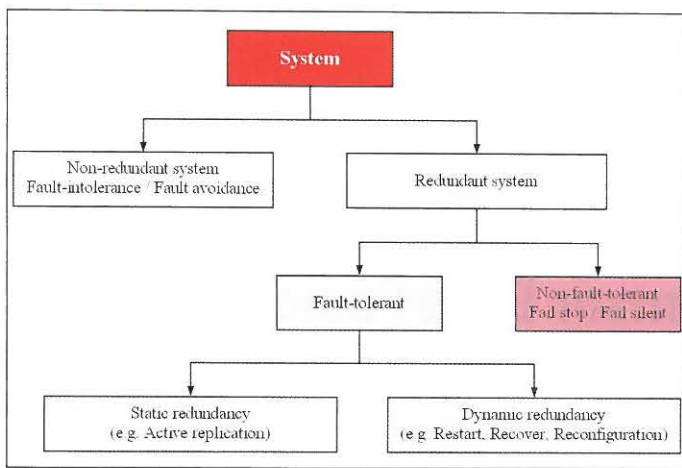


Bild 2: Systemredundanz

Fig. 2: System redundancy

X-by-Wire Anforderungen

Sichere X-by-Wire Systeme sind in der Lage, wichtige Anforderungen wie Fehlertoleranz, Echtzeitfähigkeit, Zuverlässigkeit, Flexibilität und andere zu erfüllen [4].

Ein redundantes System kann Fehler erkennen und behandeln. Die Anforderungen an ein System bezüglich Redundanz sind in Bild 2 dargestellt. Ein Mangel des ISOBUS Kommunikationsprotokolls ist die fehlende Redundanz auf der physikalischen Übertragungsebene. CAN verhindert dies aufgrund der innewohnenden Fähigkeit der Fehlererkennung und darauf folgenden Botschaftswiederholung.

Zudem wird die Echtzeitfähigkeit des Kommunikationssystems für X-by-Wire Applikationen gefordert. In der Informatik spricht man von einem Echtzeitsystem, wenn ein Ergebnis innerhalb eines vorher fest definierten Zeitintervalls garantiert berechnet werden kann, bevor eine bestimmte Zeitschranke erreicht ist. Wenn in einem System bei einer Zeitüberschreitung ein kritischer Fehler ausgelöst wird, handelt es sich um „harte“ Echtzeitanforderungen, wenn dies nicht der Fall ist, um „weiche“ Echtzeitanforderungen. Ein Steer-by-Wire System hat „harte“ Echtzeitanforderungen. Zusätzlich muss eine Reaktionszeit angegeben werden, während der das Echtzeitsystem zu reagieren hat.

ISOBUS basiert auf CAN und stellt ein ereignisgesteuertes Protokoll dar. Der Arbitrierungsmechanismus von CAN stellt die Versendung der Botschaften nach deren Priorität sicher. Dieser Mechanismus macht CAN sehr robust und erlaubt eine hohe Flexibilität, ist jedoch nicht deterministisch. Die Latenzzeit und der Jitter einer Botschaft mit bestimmter Priorität können nicht garantiert werden, weil diese vom Gesamtsystemzustand abhängig sind. Für X-by-Wire Systeme muss die Übertragung von sicherheitskritischen Botschaften auch unter höchster BUS-Last deterministisch sein. Hierfür wird deshalb auf das Konzept der zeitgesteuerten oder hybriden Protokolle (zeit- und ereignisgesteuert) zurückgegriffen.

Eine weitere wichtige Eigenschaft ist die Möglichkeit, den BUS vor unautorisiertem Zugriff zu schützen. Dies ermöglicht eine aktive Verhinderung der Botschaftsüberflutung des gesamten Netzwerkes durch einen fehlerhaften Teilnehmer.

Konsequenzen für ISOBUS

Aufgrund der physikalischen- und der Datensicherungsschicht von CAN kann mittels ISOBUS Kommunikation nur ein fail stop / fail silent System aufgebaut werden (Bild 2, rechts). Deshalb ist ISOBUS in der heutigen Form nur für ein X-by-Wire System geeignet, welches eine mechanische oder hydraulische Rückfallebene besitzt, was dem Safety Integrity Level (SIL) 3 entspricht [5].

Setzt man Botschaften mit höchster Priorität voraus und kann präzise Zeitabschaltung garantiert werden, so sollte ISOBUS in der Lage sein, Echtzeitanforderungen mit einer Reaktionszeit von 100 ms zu erfüllen.

Eine Verbesserung des Zeitverhaltens von sicherheitskritischen Teilnehmern kann durch den Einsatz von Herzschlagbotschaften zur Zeitsynchronisation erreicht werden. Ein fehlerhafter Teilnehmer, welcher die BUS-Bandbreite vollständig auslastet, kann in CAN Netzwerken nicht aktiv abgetrennt werden. Sicherheitskritische Applikationen müssen hierbei auf die mechanische oder hydraulische Rückfallebene schalten.

Jeder Teilnehmer muss im Rahmen des Netzwerkmanagements eine einmalige und eindeutige Adresse besitzen. Im Falle von ISOBUS wird diese jedoch dynamisch während der Netzwerkanmeldung vergeben und ist nicht fest verdrahtet. Es ist deshalb für jeden Teilnehmer möglich, unter einer fremden Adresse Botschaften zu versenden. Dies kann zu schwerwiegenden Fehlern in sicherheitskritischen Anwendungen führen. Eine Lösungsmöglichkeit ist die Überwachung aller Teilnehmeradressen und die Meldung von Missbrauch.

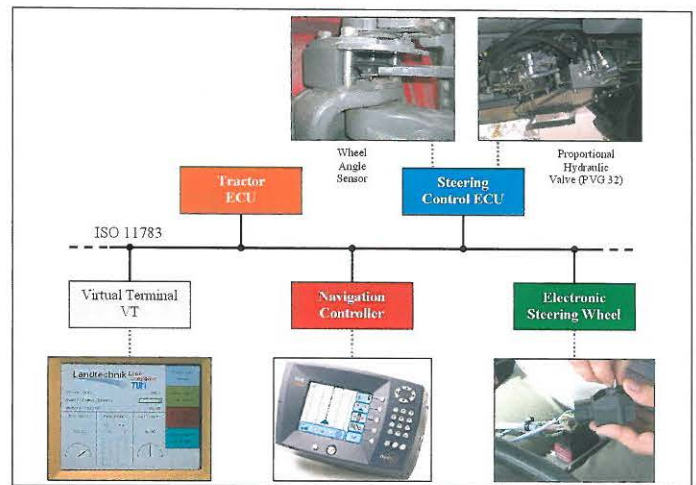


Bild 3: Schematischer Netzaufbau der Steer-by-Wire Applikation via ISOBUS

Fig. 3: Schematic network structure of Steer-by-Wire application via ISOBUS

Testimplementierung von Steer-by-Wire via ISOBUS

Eine Steer-by-Wire Anwendung unter Verwendung von ISOBUS wurde implementiert und untersucht. Alle Komponenten dieser Testumgebung wurden als ISOBUS konformer Teilnehmer ausgeführt (Bild 3). Das System wurde in einen Fendt Vario 818 mit serienmäßiger ISOBUS Ausstattung (T-ECU, VT) eingebaut. Das Lenksteuergerät wurde als geschlossener Regelkreis mit einem Lenkwinkelsensor und einem PVG32 Proportionalventil von Sauer Danfoss als Aktor ausgeführt. Dieses Lenksteuergerät bringt volle VT Funktionalität mit und kann so bedient werden. Ein weiterer ISOBUS konformer Teilnehmer ist ein ebenfalls per VT bedienbares elektronisches Lenkrad mit Potentiometer zur dynamischen Sollwertvorgabe.

Die für Steer-by-Wire relevante Kommunikation wurde erreicht, indem mit dem elektronischen Lenkrad Sollwertvorgaben zum Lenksteuergerät gesendet wurden. Um die genannten sicherheitskritischen Probleme zu adressieren, wurden spezielle Kommunikationsmechanismen eingebaut. Eine Sollwertübertragung mit 10 Hz Zykluszeit wurde aufgesetzt. Parallel dazu wurden Herzschlagbotschaften zwischen Lenksteuergerät und elektronischem Lenkrad mit 5 Hz ausgetauscht. Ein Verschlüsselungs-/Entschlüsselungs-Algorithmus wurde auf die acht Datenbytes der Herzschlagbotschaft auf beiden Seiten angewendet [6]. Der Herzschlag dient einerseits zur gegenseitigen Synchronisation und Ausfallzeitüberwachung und stellt andererseits die Adresskonsistenz der Teilnehmer sicher. Alternativ dazu wurde der ISOBUS Name der beiden Teilnehmer zur Erhöhung der Sicherheit verwendet. Nach ersten Funktionstests wurde das System in umfangreichen Feldtests mit Geschwindigkeiten bis 30 km/h überprüft. Das System erwies sich unter den gegebenen Bedingungen als vollständig funktionsfähig und arbeitete fehlerfrei.

Ralph Ostermeier und Hermann Auernhammer, Freising

Real-time-Prozessführung eines sensorgestützten Düngesystems durch Multisensor Data Fusion Technik

Im Rahmen eines Teilprojekts der DFG-Forschergruppe „Informationssystem Kleinräumige Bestandesführung Dürnast (IKB Dürnast)“ wurde der Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung für intensive Stickstoffdüngung ausführlich untersucht und als Simulation in Laborumgebung implementiert. Dabei lag der Schwerpunkt auf dem Zusammenführen von Daten aus unterschiedlichen Quellen im mobilen Einsatz unter Echtzeitbedingungen, um für die effiziente und zielorientierte Implementierung einen durchgängigen Spezifikations- und Entwicklungsprozess zu gewährleisten. Zielgerichtet wurde auf verteilte elektronische Systeme zurückgegriffen, wie sie künftig in standardisierten Landwirtschaftlichen BUS-Systemen (ISO 11783, DIN 9684) verfügbar

Dipl.-Ing. Ralph Ostermeier ist Advanced Engineer bei John Deere AMS Europe, Prager Ring 4-12, 86482 Zweibrücken;

e-mail: OstermeierRalph@JohnDeere.com

Prof. Dr. Hermann Auernhammer ist komm. Leiter des Lehrstuhls für Agrarsystemtechnik der Technischen Universität München, Am Staudengarten 2, 85354 Freising

Schlüsselwörter

Sensoransatz mit Kartenüberlagerung, Multisensor, Data Fusion

Keywords

Real-time approach with map overlay, multisensor, data fusion

Die Prozessführung in mobilen Applikationssystemen für teilflächenspezifische Düngung ist bestimmt von drei unterschiedlichen Systemansätzen. Dies sind der Kartierungsansatz, der Sensoransatz oder die Kombination von beiden, der Sensoransatz mit Kartenüberlagerung. Kartierungs- und Sensoransatz weisen systembedingt Nachteile auf, die durch Anwendung des Sensoransatzes mit Kartenüberlagerung überwunden werden können. Bei diesem Ansatz ist es notwendig, einen Prozess oder ein System, hier Pflanzen und ihre nähere Umgebung, zu einem ökologischen und ökonomischen Optimum zu führen. Dies erfordert Information über den aktuellen Zustand des Prozesses und seine Eingangsgrößen (Karten, Online-Sensorik). Die Möglichkeit zur Beeinflussung des Prozesses ist die Düngung. Dabei wird der Applikationssollwert anhand von Expertenwissen und der vorliegenden Information über die Prozess-Eingangsgrößen für jede einzelne Teilfläche abgeleitet. Eine Dokumentation vervollständigt das Verfahren.

Methode

Konventionelle Methoden der Steuerungs- und Regelungstechnik verlangen, dass die Eingangsinformationen einem gemeinsamen Merkmalsraum entstammen und in numerischer Form vorliegen. Bei der vorliegenden Aufgabenstellung sind diese Eingangsvoraussetzungen nicht gegeben, daher ist eine Form von „intelligenter Steuerung“ zu implementieren. Eine Lösung findet sich in der Anwendung des (Multisensor) Data Fusion mit entsprechenden Methoden und angepasster Terminologie.

So sollte ein durchgängiger theoretischer Rahmen grundsätzlich unterschiedliche Abstraktionsebenen besitzen und eine Top-Down-Dekomposition der Anforderungen sowie einen anschließenden strukturierten Systementwurf erlauben. Auf der höchsten Abstraktionsebene beschreibt und legt ein funktionales Modell fest, welche Analysefunktionalität oder -prozesse durchgeführt werden müssen. Hingegen beschreibt ein prozedurales oder Prozess-Modell auf hoher Abstraktionsebene, wie diese Analysen oder Prozeduren geleistet werden können. Auf

der Basis dieser abstrakten Sichtweise von Anforderungen, Spezifikationen und Problemlösungs-Paradigmen ist danach eine Systemarchitektur (Abstraktion der Hard- und Software-Implementierung) zu entwerfen und bei der weiteren Transformation in eine konkrete technische Realisierung in Hard- und Software umzusetzen.

Funktionales Modell

Ein dem Stand der Technik entsprechendes funktionales Modell für Data Fusion wurde von [1] als „Revised JDL (Joint Directors of Laboratories) data fusion model“ definiert. Dieses Modell unterscheidet fünf Verarbeitungsebenen (processing levels) auf der Basis unterschiedlicher Bewertungs-Prozesse (Assessment), die in etwa mit dem Typus der Einheiten, für die ihr Zustand abzuschätzen ist, korrespondieren:

- Level 0 Processing - Sub-Object Assessment
- Level 1 Processing - Object Assessment
- Level 2 Processing - Situation Assessment
- Level 3 Processing - Impact Assessment
- Level 4 Processing - Process Refinement

Aus dem funktionalen Blickwinkel kann der Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung entsprechend dem „Revised JDL data fusion model“ komplett spezifiziert werden. Der Schwerpunkt liegt jedoch auf dem „Level 2 Processing – Situation Assessment“, da der Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung im Kern nichts anderes als eine umfassende Situationsbewertung ist, also eine Bewertung der aktuellen Online-Sensorik-Messwerte mit einer kontextsensitiven Interpretation. Die Autoren haben dies ausführlich in [2] dargelegt.

Prozess Modell

Basierend auf den Ergebnissen des funktionalen Modells lässt sich mit einem geeigneten Prozess-Modell ein entsprechendes Problemlösungs-Paradigma ableiten. Besonders eignet sich der Prozess-Modell-Vorschlag nach [3]. Dieses intuitive Prozess-Modell des Data Fusion-Prozesses führt zu der Identifikation von 15 Klassen von Fusions-Problemmstellungen und einer Taxonomie von 16 kanonischen Problemlösungs-Formen (problem solving forms I - XVI). Dabei existiert

eine definierte Beziehung zwischen dem funktionalen „JDL data fusion model“ und den 15 Klassen von Fusions-Problemstellungen, wie auch eine Beziehung zwischen diesen Klassen und den kanonischen Problemlösungs-Formen. Deswegen bietet dieses Prozess-Modell einen zielführenden Ansatz zur Auswahl eines geeigneten Fusionsalgorithmus und wird nachfolgend auszugswise wiedergegeben. Die Analyse der vorherrschenden Wissensarten beim Sensor-Ansatz mit Kartenüberlagerung ergibt:

- Die aktuellen Pflanzen- und Bodenattribute sind kurzfristiges deklaratives Wissen.
- Die nähere Vergangenheit der aktuell herrschenden Situation auf der vorliegenden Teilfläche wie die Position von (gerade) ausgebrachtem Dünger, der Zustand der Traktor-Geräte-Kombination und das herrschende Wetter sind mittelfristig deklaratives Wissen.
- Das in Ertrags- und Bodenkarten enthaltene Wissen und statische Beschränkungen aufgrund von Umweltschutz oder Topographie repräsentieren spezifisches langfristiges deklaratives Wissen.
- Eine Beziehung oder Prozedur für eine pflanzenbauliche und landtechnische Bewertung mit dem Ziel, einen Applikations-sollwert abzuleiten und dabei eine ausreichende Reaktionszeit für die eigentliche Applikationstätigkeit zu erreichen, steht für langfristig prozedurales Wissen.

Demzufolge liegt eine Fusions-Problemstellung der Klasse 15 vor, da diese Aufgabenstellung die Komposition von kurz-, mittel- und langfristige deklarativem und prozeduralem Wissen erfordert. Der „einfachste“ kontextsensitive Problemlösungs-Ansatz, der die Anforderungen erfüllt, ist eine rigide modellbasierte Kontrollstruktur mit einer Abstraktionsebene. Aufgrund des fundamental datengetriebenen (data driven) Charakters eignet sich ein „generation based“ Algorithmus am besten. In der Konsequenz entspricht dieser Problemlösungs-Ansatz der „canonical form IX“. Ein typischer Vertreter dieses Ansatzes ist ein Expertensystem entsprechend dem Produktionssystem-Paradigma und einem vorwärts-verketteten Inferenzmechanismus.

Systemarchitektur

Eine vorstellbare Implementierung der funktionalen Spezifikation mit dem Ergebnis des Prozess-Modells ist ein verteiltes Sensornetzwerk (kurzfristiges Wissen) und ein zentraler Fusionsknoten mit mittelfristigem Wissen sowie langfristig deklarativem Wissen in Form der Überlagerungskarten und prozeduralem Wissen in Form eines Expertensystems. Unglücklicherweise lässt sich dies nicht nahtlos in eine Systemarchitektur

Bild 1: Benutzerschnittstelle der Simulation

Fig. 1: Graphical user Interface of simulation

basierend auf den landwirtschaftlichen BUS-Systemen (ISO 11783, DIN 9684) überführen. Die Teilflächenbewirtschaftung wurde nur im Kontext

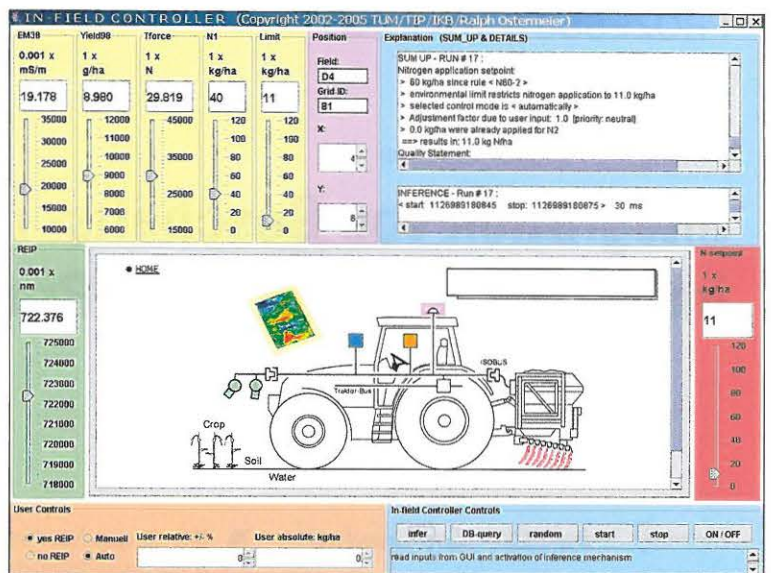
des Kartierungsansatzes in diesen Normen definiert. Die Integration von Online-Sensorik hat in der Projektlaufzeit Fortschritte bei der Definition im ISO-Standard erfahren, der Überlagerung mit Karten wurde aber noch keine Aufmerksamkeit geschenkt. Jedoch erlaubt die von den Autoren 2003 [4] vorgeschlagene Definition eines „In-field Controller“ eine ISO 11783 und DIN 9684-kompatible Implementierung. Dieser „In-field Controller“ ist die Implementierung des oben genannten zentralen Fusionsknoten, der mit Hilfe eines integrierten Expertensystems beispielsweise Daten der Online-Sensorik (etwa vegetation index: REIP) und Daten der „precision farming maps“ (historischer Ertrag, EM38, Zugkraft, applizierte Düngemenge des gleichen Jahres) aus dem Farm Management Information System (FMIS), Nutzereingaben sowie Beschränkungen aufgrund des Umweltschutzes in Echtzeit im Feld fusionieren kann.

Simulation

Kernstück der Simulation war die Implementierung des Expertensystems [5]. Dazu wurde die hybride Expertensystem-Shell JESS (Java Expert System Shell) zur Umsetzung des Regelwerks ausgewählt. Java kam bei der Realisierung des graphischen Benutzerschnittstellen (Bild 1) und der Nachbildung der Prozessumgebung zum Einsatz. Bei Teilen der Wissensakquisition wurde eng mit einem weiteren IKB-Teilprojekt zusammengearbeitet [6]. Die grundsätzliche Eignung für eine Real-time-Prozesssteuerung zeigen gemessene typische und maximale Durchlaufzeiten von 10 ms und 60 ms für einen Fusionszyklus auf einer 32-Bit Prozessor Hardware (Intel Pentium III Mobile, 1 GHz).

Ausblick

Generell wird ein weiterer Forschungsbedarf für dieses Aufgabengebiet gesehen. Dies betrifft vor allem Verfahren zur Leistungsmessung und Leistungsbewertung von Real-



time-Prozessführungen für mobile Applikationstechniken, die auf Multisensor Data Fusion basieren. Von besonderem grundlagenorientierten Interesse wäre auch die Ausweitung der untersuchten Eingrößen- hin zu einer Mehrgrößen-Prozesssteuerung. Anknüpfungspunkt für die anwendungsorientierte Forschung wäre die Integration der vorgestellten Lösung in den realen Versuchsbetrieb und eine somit mögliche experimentelle Erprobung.

Dieses Teilprojekt der Forschergruppe „Informationssystem Kleinräumige Bestandesführung Dürmast (IKB Dürmast)“ an der Technischen Universität München wurde von der DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) finanziert.

Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] Steinberg, A.N., and Ch.L. Bowman: Revisions to the JDL Data Fusion Model. In: Handbook of multisensor data fusion (Eds.: Hall, D. L., and J. Llinas), CRC Press LLC, Boca Raton, (2001), pp. 2-1 - 2-19
- [2] Ostermeier, R., and H. Auernhammer: Real-time process control for a sensor based fertilizer application system using multisensor data fusion. In AGENG LEUVEN 2004, Engineering the future, CD-ROM (full papers), Session 10 -Nr. 352-Ostermeier.pdf, Leuven, Belgium, 2004, pp. 1-8
- [3] • Antony, R. T.: Principles of Data Fusion Automation. Artech House, Boston, 1995, pp. 27-60
- [4] Ostermeier, R., H. Auernhammer and M. Demmel: Development of an in-field controller for an agricultural bus-system based on open source program library lbs-lib. In Precision Agriculture, (eds. J. Stafford and A. Werner), Berlin, Wageningen Academic Publishers, 2003, pp. 515-520
- [5] Ostermeier R., H. I. Rogge and H. Auernhammer: Multisensor data fusion implementation for a sensor based fertilizer application system. In: Automation Technology for Off-Road Equipment 2006, Proceedings of the 1-2 September 2006 Conference, Bonn/ Germany, 2006, pp. 215-225
- [6] Weigert, G., and P. Wagner: Development of decision rules for site-specific N fertilization by the application of data mining techniques. In: Precision Agriculture (eds. J. Stafford and A. Werner), Berlin, Wageningen Academic Publishers, 2003, pp. 711-715

Matthias Rothmund, München

Integration von Geschäfts- und Prozessinformation im landwirtschaftlichen Produktionsablauf

Derzeit wird für den landwirtschaftlichen Datenaustausch am ISO-Standard 11783 (Teil 10) zur Datenübertragung zwischen Management und Maschinen, dem ISOagriNET (geplant ISO 17532) zur Kommunikation zwischen Anlagen und dem Management und an agroXML zum Datenaustausch in Geschäftsprozessen gearbeitet. Alle Formate basieren zwar auf der Datenaustauschsprache XML, sind aber unterschiedlich strukturiert und inhaltlich nicht genügend abgestimmt. Die Einführung einer Web Service-Architektur würde die Beibehaltung der nötigen Spezifität für unterschiedliche Anwendungen ohne Einschränkung der Kompatibilität beim Datenaustausch erlauben sowie die Nutzung spezialisierter Datenservices ermöglichen.

Dr. Matthias Rothmund ist Leiter der Produktentwicklung im Competence Center Embedded Systems der OSB-AG, Klenzestraße 38, 80469 München; e-mail: m.rothmund@osb-ag.de

Schlüsselwörter

ISOBUS, ISOagriNET, agroXML, Informationssystem, Datenmanagement, Prozessdaten, Datenschnittstelle

Keywords

ISOBUS, ISOagriNET, agroXML, information system, data management, process data, data interface

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07SH18 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Mit steigenden Anforderungen an den Informationsaustausch in und um die landwirtschaftliche Primärproduktion nehmen auch die Diskussionen um die Standardisierung und Kompatibilität von Schnittstellenformaten für die Datenvernetzung zu. Innerhalb mehr oder weniger abgegrenzter Produktions- und Managementbereiche gibt es hierfür bereits verschiedene, jedoch meist unabhängig voneinander entwickelte Ansätze. Die Herausforderung zukünftiger Normungsarbeiten liegt nun in der sinnvollen Verknüpfung unterschiedlicher Datenaustauschformate aus den Bereichen maschineller Prozesse in der Innen- und der Außenwirtschaft sowie dem Betriebsmanagement und der Kommunikation mit vor- und nachgelagertem Bereich und der Einbindung von Beratungs- und Kontrollinstitutionen.

ISO 11783 – ISOBUS

Die ISOBUS-Norm regelt die elektronische Kommunikation zwischen Traktoren und Anbaugeräten mit Hilfe eines CAN-BUS basierten Protokolls. Dabei lassen sich unterschiedlichste Anwendungen und Anbaugeräte über eine Benutzerschnittstelle, das „Virtuelle Terminal“, steuern und kontrollieren.

In der Norm ist auch der Datenaustausch zwischen dem Betriebsmanagement (Farm Management Information System, FMIS) und den mobilen Arbeitsmaschinen (Mobile Implement Control System, MICS) geregelt (ISO 11783, Teil 10). Auftragsdaten können am PC vorbereitet, zur Maschine übertragen, abgearbeitet, dokumentiert und wieder zum PC übertragen werden. Das auf Basis von XML (Extensible Markup Language) normierte Austauschformat ermöglicht auch die automatisierte teilflächenspezifische Applikation und Dokumentation im präzisen Landbau. Diese offene Schnittstelle kann von Softwareherstellern und Systemanbietern in deren jeweilige Software auf der Maschinen- und der PC-Seite integriert werden.

ISOagriNET

In der Innenwirtschaft spielt vor allem die gemeinsame Nutzung von Daten aus unter-

schiedlichen mehr oder minder abgegrenzten Subsystemen eine wichtige Rolle. ISOagriNET (www.isoagrinet.org) erzeugt diese Datenvernetzung über einen gemeinsamen übergeordneten „Daten-BUS“ auf der Basis von Ethernet und WLAN und ein Protokoll zur Datenübertragung.

Ziel ist auch hier die globale Verfügbarkeit und Nutzung von einmal erzeugten Informationen als Eingangsgrößen im Gesamtsystem sowie die Verfügbarkeit von Daten für Managementanwendungen [2]. Beispiele für solche Anwendungen sind die Nutzung von Daten aus der Milchmengenmessung für die Fütterungssteuerung oder die Vernetzung von Subsystemen in der Kälberaufzucht für ein verbessertes Fütterungs- und Gesundheitsmanagement [3].

Dazu bedarf es auch eines gemeinsamen Datenmodells für unterschiedliche Anwendungen in der Innenwirtschaft. Dieses wird teilweise in Anlehnung an bereits früher erarbeitete Datenaustauschformate wie ADIS/ADED auf der Basis von XML (XML/ADED) entwickelt. Die Arbeiten an ISOagriNET sollen in eine internationale Norm (ISO 17532) münden.

agroXML

ISOBUS und ISOagriNET sind im Wesentlichen für die Kommunikation innerhalb oder mit technischen Prozessen zu deren Steuerung, Kontrolle und Dokumentation gedacht und inhaltlich sowie strukturell für die Erfüllung dieser Aufgaben ausgelegt. Daneben gibt es jedoch die Anforderung, Daten in Geschäftsprozessen mit unterschiedlichen Partnern, wie Beratern und Dienstleistern, Lohnunternehmern, Zulieferern und Abnehmern oder Behörden, auszutauschen. Der bisher vor allem in Deutschland von anwendungsorientierten Forschungsinstitutionen und Schlagkartei-Softwareherstellern unter Federführung des KTBL erarbeitete Industriestandard agroXML (www.agroxml.de) dient dieser Aufgabe. Auf der Basis von XML wird ein inhaltlich umfassendes Datenschema entwickelt, aus welchem für spezifische Anwendungsfälle Austauschdokumente erstellt werden.

Die Schwierigkeit liegt hier in der Abbildung des komplexen Gesamtbildes „Landwirtschaft“ unter Berücksichtigung räumlicher Datenbezüge in einem einzigen Datenschema und in der Pflege vieler umfassender Inhaltslisten, wie etwa Pflanzenschutzmittel- und Sortenlisten [1]. Eine Internationalisierung verschärft die schon in der föderalen Bundesrepublik vorhandenen Probleme bei der strukturellen Ausgestaltung des Datenformats, etwa bei der Einteilung von Produktionseinheiten oder dem Auftreten unterschiedlichster Bewirtschaftungsaufgaben.

Abgrenzung und Schnittmengen

Um den Umfang und die Komplexität der zugrundeliegenden Datenmodelle und der folgenden Dateiverarbeitung zu begrenzen, weisen die Austauschformate für ISOBUS und ISOagriNET eine hohe Spezifität zu Produktionsprozessen in der Pflanzen- und Tierproduktion auf. Dabei ist beispielsweise die Darstellung der Geometrie zwischen Traktor und Anbaugerät für die korrekte teilflächenspezifische Applikation von Bedeutung, nicht jedoch für die Übertragung einer Applikationskarte an einen Berater oder Dienstleister.

Gleichzeitig werden für den geschäftsmäßigen Datenaustausch eine Reihe von kundenspezifischen oder buchhalterischen Daten benötigt, die für den Arbeitsprozess selbst keinerlei Relevanz besitzen. Der Versuch, ein generelles Datenaustauschformat für „die Landwirtschaft“ zu entwickeln, würde also an der Vielzahl der unterschiedlichen Anforderungen scheitern.

Es gibt jedoch auch eine Reihe von Informationen, die sowohl für den Arbeits- als auch für den Geschäftsprozess benötigt werden. Beispiele hierfür sind Maschinenidentifikationen, Ertrags- und Ausbringmengen, Flächen- und Umrissdaten sowie Kundenzuordnungen. Für diese Schnittmengen wurde bisher für die unterschiedlichen aufgeführten Datenaustauschformate kein gemeinsames Datenmodell vorgelegt.

Lösungsansätze

Nachdem eine umfassende durchgängige Datenstruktur für alle Prozess- und Geschäftsbereiche der Landwirtschaft nicht sinnvoll erscheint, gibt es zwei verschiedene Möglichkeiten der Entwicklung:

- Einbetten von ISOBUS (ISO 11783) XML und XML/ADED in das agroXML-Schema
- Entwicklung und Pflege von „Mapping“-Schnittstellen zur Überführung der Dateninhalte in die jeweils anderen standardisierten Formate

Da alle aufgeführten Datenformate auf der Auszeichnungssprache XML basieren, ist

Bild 1: Verknüpfung unterschiedlicher „Datenwelten“ in einer serviceorientierten Architektur

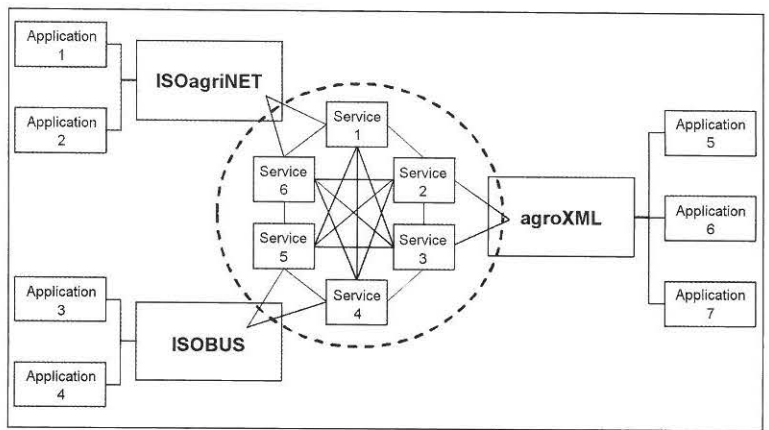


Fig. 1: Linking different „data spheres“ in an service oriented architecture

eine Integration der prozessorientierten Daten aus ISOBUS und ISOagriNET in das agroXML-Schema denkbar. Dies ließe sich beispielsweise durch Einführung der XML-Elemente <ISOBUS></ISOBUS> und <ISOagriNET></ISOagriNET> in agroXML und die Angabe einer Referenz zu diesen „Namensräumen“ umsetzen. Innerhalb dieser Elemente könnten die gesamten XML-Strukturen des jeweiligen Formats aus ISOBUS oder ISOagriNET „eingehängt“ werden. Dabei bleiben die ISOBUS- und ISOagriNET-Dateien unabhängig von agroXML nutzbar.

Erfolgt die weitere Entwicklung, wie bisher, unabhängig voneinander, so müssen Informationen aus einem Datenformat in die jeweils anderen „übersetzt“ werden. Hierzu müssen die zu entwickelnden Mapping-Schnittstellen über eine gewisse Intelligenz verfügen, da die Daten aufgrund struktureller Unterschiede nicht einfach von einem Datenformat in das andere übernommen werden können. [4] haben eine solche Mapping-Schnittstelle in einer webbasierten Anwendung entwickelt. Auf ISOBUS wie auf agroXML-Seite wird die jeweilige Struktur des Formats in einer SQL-Datenbankschicht abgebildet. Zwischen den Datenbankschichten erfolgt die Datenübersetzung mit spezifisch programmierten Mapping-Objekten. Da nicht alle Datenformate dieselben verpflichtenden Elemente enthalten, kann es notwendig sein, bei der Konvertierung auf zusätzliche Informationsquellen oder manuelle Ergänzungen zurückzugreifen.

Softwarehersteller werden gezwungen sein, je nach Einsatzgebiet, die ISOBUS- oder ISOagriNET-Schnittstelle und die agroXML-Schnittstelle oder sogar alle drei Schnittstellen zu implementieren. Diese Mapping-Schnittstellen müssen mit der Weiterentwicklung aller beteiligten Standards gepflegt und auf dem aktuellen Stand gehalten werden.

Verteilte Kompetenzen in einem webbasierten Ansatz

Sich derzeit entwickelnde Standards für den webbasierten Austausch von (Geo-)Daten ermöglichen es zunehmend, unterschiedli-

che Aufgaben der Datenhaltung und -verarbeitung in verteilten Systemen zu organisieren (etwa OGC-Web Services, SOAP). Dies ermöglicht die Aufteilung von Aufgabenkomplexen in überschaubare Teilaufgaben, sogenannte Services, und damit den Einsatz hochspezialisierter Wissens bei der Datenverarbeitung selbst, aber vor allem bei der Systementwicklung und -pflege.

Als Beispiel für eine solche serviceorientierte Architektur sei die teilflächenspezifische Behandlung im präzisen Landbau genannt: Die Berechnung einer spezifischen Düngemenge für einen Teilschlag könnte so das Ergebnis des Zusammenspiels von Services wie „Prozessdatenservice“, „Geodaten-service“, „Ertragskartierungsservice“, „Wetterdatenservice“, „Bodendatenservice“ und „Applikationskartenservice“ sein.

In gleicher Weise könnten solche Services auch Informationen für autorisierte Geschäftspartner verarbeiten und bereitstellen. Dabei wird für jede mögliche bilaterale Verbindung einmalig ein spezifisches XML-basiertes Austauschdokument definiert. Sobald das gemeinsame Datenaustauschdokument beiden Teilnehmern bekannt ist, können inhaltliche Datenanfragen und -abgaben automatisiert erfolgen.

Ausblick

Die derzeit weitgehend voneinander unabhängig stattfindenden Standardisierungsbemühungen in der landwirtschaftlichen Prozess- und Geschäftskommunikation bedürfen entweder einer stärkeren Integration und Abstimmung oder eines gemeinsamen Überbaus in einer serviceorientierten Architektur für deren Zusammenspiel als System (Bild 1).

Die Nutzung unterschiedlicher, für einzelne Teilaufgaben spezifische Datenstrukturen ist durch die Verwendung standardisierter Web Services möglich, ohne die Kompatibilität des Informationsaustausches im Gesamtsystem zu gefährden. Auch hierfür sollte eine Harmonisierung der Datenstrukturen, und vor allem eine Abstimmung der Inhalte, unterschiedlicher Datenformate erfolgen. Eine oft schwierige völlige Vereinheitlichung kann jedoch entfallen.

Achim Spangler, München

Modellierung von Arbeitsgespannen als Netzwerk autonomer Agenten

Die Anforderungen an aktuelle Produktionsplanungssysteme (PPS) und mobile Arbeitsgespanne lassen sich sehr gut mit allgemeinen Eigenschaften dezentralisierter, komplexer Systeme vergleichen. In beiden Fällen haben die historischen Lösungsansätze vergleichbare Schwächen, die zumindest bei PPS schon in ersten konkreten Einsatzszenarien über die Modellierung eines Netzwerkes von autonomen Agenten gelöst worden sind. Daher bietet es sich an, auch bei mobilen Arbeitsgespannen jedes Gerät über einen Agenten darzustellen und diese per ISOBUS kommunizieren zu lassen.

Dipl.-Inform. Achim Spangler ist Technischer Leiter im Competence Center Embedded Systems der OSB-AG, Klenzestraße 38, 80469 München; e-mail: a.spangler@osb-ag.de

Schlüsselwörter

ISOBUS, Multi-Agenten-Systeme, Open Source, PABADIS, MAS, Produktionsplanung

Keywords

ISOBUS, multi agents systems, Open Source, PABADIS, MAS, production planning

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07SH20 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Die Herausforderungen und die zu deren Erfüllung erforderlichen Systemkonzepte sind zwischen landwirtschaftlichen Arbeitsgespannen und PPS sehr gut vergleichbar. [4] fasst die wesentlichen Kritikpunkte an bisherigen PPS wie folgt zusammen :

- „Current research in the field of FMS (Flexible Manufacturing System) control is mostly based on static models for specific system environment. Most of the models are not generic enough and are not adequate to address the dynamic natures of FMS in which changing of products requires fast system reconfiguration. [...] One basic reason of lacking generality, scalability and flexibility in most control models lies in the conventional centralized, top-down modeling approach in which the overall system features are defined first, and the representation of system components is usual hypothetical and highly simplified.“ [3]
- „Übliche Fertigungssysteme orientieren sich beim Fertigungsprozess an einem globalen Plan. Bei Störungen im Ablauf in diesen Systemen wird ein zeitaufwendiger Neu- und Umplanungsprozess notwendig. Durch eine Realisierung der Fertigungssteuerung als verteiltes Planungsproblem, es gibt also keinen globalen Plan und keine zentrale Kontrolle, wird ein effizienter Ablauf erwartet.“ [7]

Vergleichbarkeit der Anforderungen zwischen Arbeitsgespannen und Produktionsplanungssystemen

Bei landwirtschaftlichen Arbeitsvorgängen entsteht kein konkretes Produkt. Statt dessen wird eine abgeschlossene Arbeitsmaßnahme am Feld dargebracht. Die Herausforderungen an den Umgang mit variablen Maschinenkonfigurationen sind in der Landwirtschaft höher, da bei jeder Maßnahme eine andere Konfiguration vorherrschen kann.

Bislang wird die zentrale Planungsinstanz in der Landwirtschaft im Wesentlichen durch den Landwirt oder den Fahrer dargestellt, der den gesamten Prozess auch nur so gut optimieren kann, wie er das nötige Detailwissen hat und auch die nötige Übersicht

und Zeit hat, um daraus einen optimalen Arbeitsplan abzuleiten. So muss sich ein Landwirt zum Beispiel selber berechnen, wie intensiv er die Bodenlockerung ausführen muss, um eine darauf folgende Arbeit wie Säen optimal ausführen zu können. Er muss dabei zuerst den erforderlichen Bodenzustand ermitteln, um die dazu nötigen Traktor- und Geräteeinstellungen zu bestimmen.

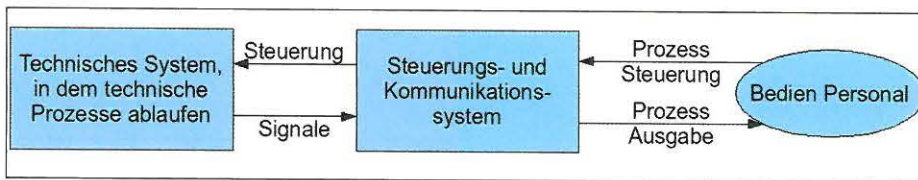
Da der Hersteller eines Bodenbearbeitungsgerätes das nötige Expertenwissen hat, um die erforderlichen Eingangsgrößen für eine gewünschte Bodenlockerung abzuleiten, sollte diese Intelligenz in Form eines eigenen Microcontrollers an der Maschine im laufenden System dargestellt werden. Analog sollte sich der Landwirt nur auf die Definition der zentralen Arbeit konzentrieren, ohne selber ermitteln zu müssen, wie die Details der nötigen Vorarbeiten einzustellen sind. Das dazu nötige Wissen sollte wiederum vom entsprechenden Hersteller direkt in der Maschine platziert werden, um dynamisch je nach der aktuellen Produktionsanforderung die nötigen Voraussetzungen zu definieren.

Thomas Wagner stellt die charakteristischen Prozesse eines Automatisierungssystems in *Bild 1* dar [14]. Analog zu mobilen Arbeitsgespannen in der Landwirtschaft wird auch bei Automatisierungssystemen erkannt, dass dies aus Elementen von verschiedenen Herstellern mit entsprechend unterschiedlichen Technologien (etwa BUS Protokolle) besteht.

Herausforderungen durch komplexere Automatisierungssysteme

Vergleichbar zur Landwirtschaft wurden bei Produktionssystemen zuerst einfache Steuerungsaufgaben durch ECUs (Electronic Control Unit) dargestellt. Durch die stufenweise Automatisierung immer komplexerer Regelungsebenen ergab sich eine als Automatisierungspyramide bezeichnete Struktur.

Innerhalb dieses Modells wird ein Fertigungsprozess durch Verknüpfen von einzelnen Beschreibungsblöcken dargestellt. Das damit erreichte Abstraktionsniveau ist sehr nah an der Implementierung und stark auf



Geräteigenschaften konzentriert. All diesen Modellen ist gemein, dass sie ein Netzwerk von passiven Knoten beschreiben, in dem eine an der Funktion und Sequenz orientierte Beschreibung geliefert wird.

Für einen höheren Automatisierungsgrad und eine bessere vertikale Integration wurden immer „intelligenter“ Einheiten mit immer komplexeren Interaktionen eingeführt. Daraus ergibt sich ein System, das mit den allgemeinen von [6] beschriebenen Eigenschaften eines komplexen dezentralisierten Systems vergleichbar ist. Bei kanonischer Modellierung werden die Interaktionen zwischen den Einheiten zu fest definiert. Zudem sind die Mechanismen nicht geeignet zur Darstellung der systeminheränten Organisationsstruktur.

Optimierung der Produktionsplanung durch Multi-Agenten-Systeme

Bei einem agentenbasierten Ansatz können nun Subsysteme und deren Komponenten auf Agenten und Strukturen von Agenten übertragen werden. Interaktionen werden durch Kooperation, Koordination und Verhandlungsmechanismen dargestellt. Zuletzt werden Beziehungen durch explizite Mechanismen zu deren dynamischer Anpassung umgesetzt [5, 6]. Daraus ergibt sich entsprechend [20] für agentenbasierte Systeme:

- Agenten repräsentieren die dezentralisierte Struktur des Problems. Diese Abstraktion führt zu einer besseren Kontrollierbarkeit der Komplexität der Software.
- Die abstrakte Interaktion von Agenten bietet Mechanismen für flexible Organisationsstrukturen. Dies beeinflusst dynamische bottom-up Koordination und fördert dynamische Anpassung der Software an sich wandelnde Umgebungsbedingungen. Daher werden Multi-Agenten-Systeme (MAS) als integrale und universale Lösung von der Feldebene bis hin zur Unternehmensebene als geeignet eingeschätzt und auch schon in der Automobilindustrie erfolgreich eingesetzt [8]. [10] nennt weitere Beispiele, die bis hin zu Maschinensteuerungen gehen [8, 9, 11].

Lange Zeit wurde die Entwicklung von MAS in der Produktionsplanung durch eine Vielzahl unterschiedlicher, proprietärer Agentensprachen, -protokolle oder -plattformen erschwert [10]. Seit 2000 wird, initiiert durch das EU Forschungsprojekt „Plant Automation Based on Distribution Systems“ (PABADIS), ein neuer, international unterstützter Ansatz entwickelt [2]. Gegenüber anderen MAS Ansätzen wird bei PABADIS eine Mischung von stationären (fest an eine Montagezelle gebunden) und mobilen Agen-

ten verwendet. Wenn ein individueller Agent per RFID-Tag an das Produkt gebunden den gesamten Fertigungsprozess begleitet, wird eine sehr hohe, auf einzelne Stücke bezogene Flexibilität erreicht. Das PABADIS Konzept ist speziell konzipiert für unzuverlässige Netzwerke und Systeme und unterstützt Skalierbarkeit in einem hohen Maße.

Mobiles Arbeitsgespann als Multi-Agenten-System

In dem genannten Beispiel einer Kombination aus Saat und Bodenlockerung wird das abstrakte Produktionsziel aus Saat-Dichte und -Tiefe von Agenten schrittweise in Prozessschritte aufgebrochen, die von den Agenten untereinander koordiniert werden.

Jeder Agent, der eine Maschine oder ein Gerät in einem ISO 11783 (ISOBUS) Netzwerk repräsentiert, muss empfangene Informationen und Steuerwerte mit seiner aktuellen Modellierung des Systemzustandes abgleichen, um somit eine Validierung dieser Daten ausführen zu können. CAN Botschaften können hierbei durch gegebenenfalls im Netzwerk propagierte Auswertungsfehler, elektronische Störungen oder sogar auch durch maliziöse Netzwerkteilnehmer zu einer Verfälschung und damit auch potenziellen Bedrohung führen. Aufgrund der hohen Flexibilität und Variabilität in dem offenen Kommunikationssystem von ISOBUS sollten irreführende Informationen beim Systemdesign eher als Regel denn als Einzelfall angesehen werden, um bei der Entwicklung einzelner Systeme ein geeignetes Sicherheitskonzept zu erarbeiten.

Während herkömmliche agentenbasierte Systeme mit TCP/IP und Java/Jini eine sehr leistungsfähige und flexible Kommunikation verwenden können, muss bei einem CAN basierten Netzwerk eine starke Schematisierung der Interaktionen erfolgen. Diese dürfen jedoch keine zu starke Abhängigkeit des gesteuerten Systems zur Folge haben. Daher müssen die über ein standardisiertes Data Dictionary definierten, möglichst abstrakten Prozessgrößen über möglichst flexible Wertemengen (also Menge von Einzelwerten oder Intervallen) ansteuerbar sein. Unnötig strikte Abhängigkeiten durch zu elementare Prozessgrößen oder exakte Sollwerte reduzieren die Freiheitsgrade und fördern damit auch das Risiko von Ressourcen- oder Interessenkonflikten der einzelnen Einheiten und damit auch des gesamten Systems.

Gegenüber dem „Landwirtschaftlichen BUS System“ (DIN 9684, LBS) [1] gibt es bei ISO 11783 (ISOBUS) keine Möglichkeit zum Senden von globalen Steuergrößen als Prozessdatenbotschaft. Daher kann die bottom-up gesteuerte Umsetzung eines Produktionsauftrages zumindest auf Basis der aktuellen Definition von ISO 11783-7 und ISO 11783-10 nur mit leichten Anpassungen übertragen werden. Hierbei muss jeder Agent von sich aus erkennen, an welche anderen Agenten er die von ihm ermittelten nächsten Arbeitsschritte delegieren kann.

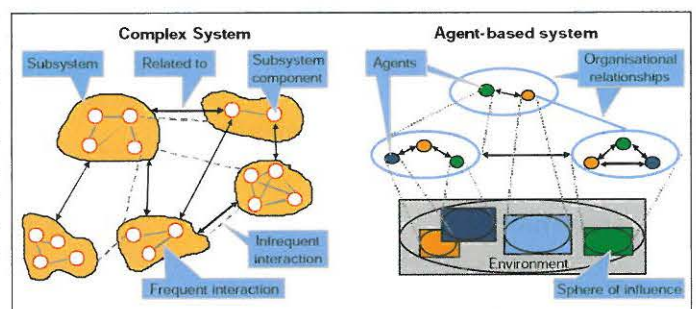
In dem genannten Beispiel könnte ein Landwirt seine Zielvorgaben zu Saat-Tiefe und -Dichte über eine Applikationskarte an einen Task-Controller (TC, ISO 11783-10) übermitteln. Der zur Sämaschine gehörende Agent würde je nach aktuellem Systemzustand die nötige Intensität und Tiefe der Bodenlockerung an geeignete andere Agenten weiterleiten. Der Agent zu einer Kreiselegge könnte auf Basis dieser Vorgaben ermitteln, welche Anzahl Zapfwellenumdrehungen pro Wegstrecke erforderlich ist, um die nötigen Voraussetzungen für eine optimale Saat zu schaffen.

Zusammengefasst könnte ein Landwirt Applikationskarten für Saat-Tiefe, -Dichte und Bodentypen erstellen, um unter allen Bedingungen unabhängig von den konkret eingesetzten Maschinen ein optimales Arbeitsergebnis zu erzielen.

Ausblick

Ein ISOBUS Netzwerk ist prinzipiell geeignet für die Darstellung eines Multi-Agenten Systems. Jedoch sind Erweiterungen bei der Kommunikation über Prozessdaten erforderlich. Zudem müssen systemübergreifende Verhaltensweisen definiert werden, durch die abstrakte Interaktionen mit Hilfe von Sequenzen einzelner Botschaften implementiert werden können.

Für eine effiziente Entwicklung Hersteller übergreifender Verhaltensmuster auf der Basis von ISOBUS bietet sich der Einsatz einer allgemeinen, offen zugänglichen Implementierung des Protokolls an. Als Basis könnte ISOAgLib dienen [12, 13].



Viktoria Spreng, Freising

Krankheitsfrüherkennung in einem vernetzten Kälberaufzuchtssystem

Es wurde die technische Umsetzbarkeit einer ganzheitlichen Vernetzung prozessrechnergesteuerter Fütterungs- und Tierüberwachungssysteme in der Kälberaufzucht erprobt. Am Beispiel eines Kalbes werden die ersten Ergebnisse von Futter- und Wasseraufnahme, Aktivität und Trinkverhalten im Zusammenhang mit dem Alter und dem Gesundheitszustand des Tieres aufgezeigt. Dabei konnten Zusammenhänge verschiedener Parameter im Hinblick auf eine mögliche Krankheitsfrüherkennung statistisch bestätigt werden. Ziel der Untersuchung ist es, das bestehende Potenzial der Technik im Hinblick auf ein verbessertes Fütterungs- und Gesundheitsmanagement abzuschätzen und zu optimieren.

Dipl.-Ing.agr. Viktoria Spreng ist wissenschaftliche Assistentin am Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, (komm. Leitung: Prof. Dr. Hermann Auernhammer) der Technischen Universität München, Am Staudengarten 2, 85354 Freising-Weißenstephan; e-mail: viktoriaspreng@wzw.tum.de

Schlüsselwörter

Kälberaufzucht, Datenvernetzung, Tiergesundheit, Futteraufnahme

Keywords

Calf rearing, data networking, animal health, feed intake

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07SH13 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Mit steigender Betriebsgröße wachsen die Anforderungen an das gesamtbetriebliche Management. Deshalb sollte sich der Betriebsleiter innerhalb des Produktionsprozesses auf die Technik zur Prozesssteuerung verlassen können. Speziell im sensiblen Bereich der Kälberaufzucht kommt es aber leider zu jährlichen Verlusten von bis zu 11%. Ursachen hierfür sind Zeitmangel oder eine Versorgung durch ungenügend qualifiziertes Personal und fehlende Information über die tatsächlichen Ansprüche der Kälber an die Haltung und Fütterung als auch über das Kälbermanagement. Bei der Aufzucht von mehr als 60 Kälbern jährlich empfiehlt sich deshalb - auch aus arbeitswirtschaftlicher Sicht - der Einsatz einer prozessrechnergesteuerten Fütterungstechnik. Bisher gibt es hierzu viele herstellereigenspezifische Insellösungen. Zweifellos stecken in den von ihnen gelieferten Daten bedeutende Informationen bezüglich des Tierverhaltens und der Tiergesundheit, woraus Entscheidungshilfen für das Management generiert werden können. Ziel ist es zu untersuchen, inwieweit durch die intelligente Vernetzung unterschiedlicher Teilsysteme wichtige Managementinformationen gewonnen und zur Verbesserung von Produktionsergebnissen und zur weiteren Automatisierung eingesetzt werden können. Von besonderem Interesse ist dabei die Möglichkeit der Krankheitsfrüherkennung.

Material und Methode

Um die technische Umsetzbarkeit einer ganzheitlichen Vernetzung aller für die Kälberaufzucht verfügbaren elektronisch regelbaren Systeme zu erproben, wurde ein Kälberstall auf der Versuchsstation Hirschau der

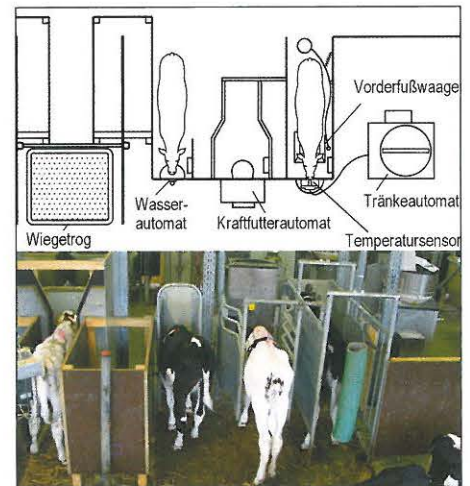


Bild 1: Fütterungstechnik (von links): Wiegetrog, Trinkwasserautomat, Kraftfutterautomat, Tränkestand mit Temperaturmesssystem und Tierwaage, Tränkeautomat.

Fig. 1: Feeding technologies (from left to right): weighing trough, drinking water robot, concentrate feeding robot, milk feeding station with temperature measuring system and animal weighing system, milk feeding robot

TU München mit jeweils zwei Tränke- und Kraftfutterabruftautomaten, Trinkwassermesssystemen, Wiegesystemen, Temperaturmesssystemen und insgesamt zwölf Grundfutterwiegetrögen ausgestattet (Bild 1). Alle Messsysteme sind über verschiedene Datenübertragungswege mit einem PC verbunden. Die einzeltierbezogenen Daten dieser Systeme werden in einer Datenbank zusammengeführt [1]. Während eines 33wöchigen Versuches wurden im Zeitraum von März bis November 2006 insgesamt 66 Tiere der eigenen Nachzucht eingestallt und somit die automatisierte tierindividuelle Erfassung aller Prozessparameter realisiert [2].

Anhand eines ausführlichen Diagnoseboogens wurden regelmäßig alle Probanden morgendlich untersucht und deren Gesundheitszustand dokumentiert. In Zusammenarbeit mit der Klinik für Wiederkäuer der LMU München wurden für jede von der Diagnose „ohne besonderen Befund“ abweichende Auffälligkeit wie erhöhte Temperatur, erhöhte Atemfrequenz, Nasenausfluss oder veränderte Kotkonsistenz je nach Art und Intensität Punkte vergeben. Je höher der Summenwert (Krankheitsintensität, KI),

Tab. 1: Korrelationen zwischen verschiedenen Parametern und Alter und Krankheitsintensität (KI) von Tier 822 ($P < 0,0001$)

Table 1: Correlations between different parameters and age and illness severity of calf 822 ($P < 0,0001$)

Parameter	Tiergewicht	TS-Aufnahme	Energieaufnahme	TW-Aufnahme	Anzahl Besuche	SG	Alter
Alter	0,98	0,94	0,91	0,86	0,89	0,82	1,00
KI	-0,81	-0,70	-0,73	-0,43	-0,59	-0,67	-0,79

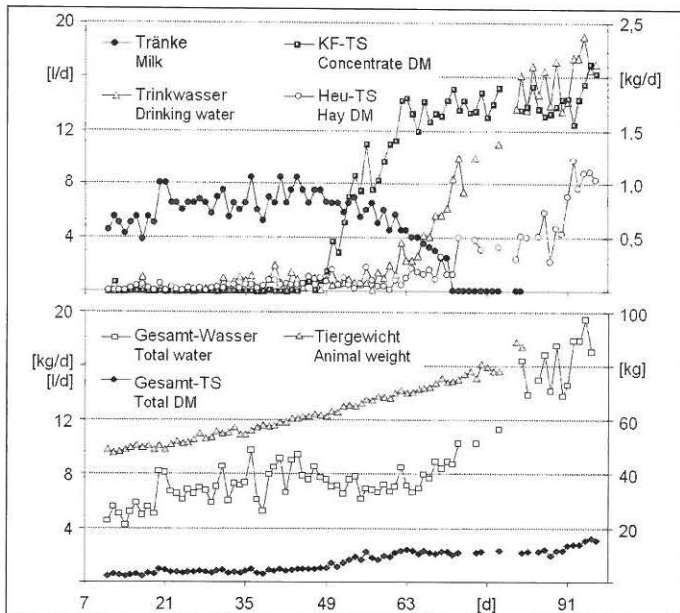


Bild 2: Aufnahmemengen und Körpergewicht von Tier 822 in Abhängigkeit vom Alter

Fig. 2: Intake amounts and body weight depending on age of calf 822

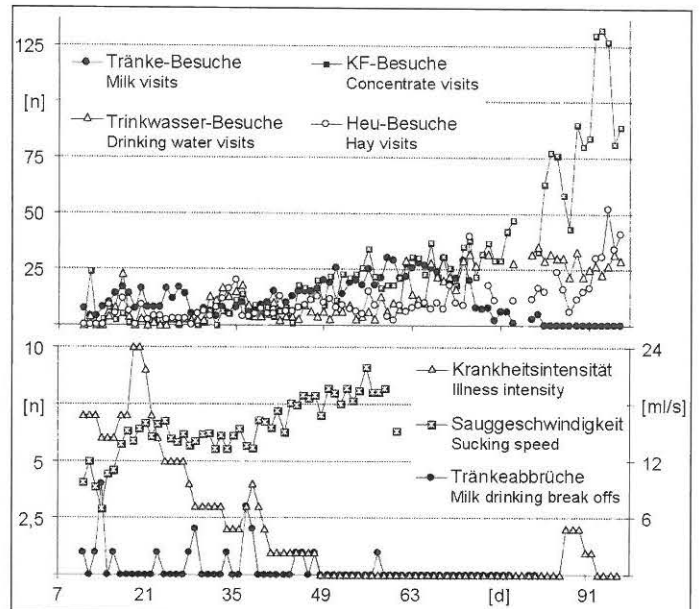


Bild 3: Anzahl der Besuche an der jeweiligen Station, Krankheitsintensität, Sauggeschwindigkeit und Anzahl Tränkeabbrüche von Tier 822 in Abhängigkeit vom Alter

Fig. 3: Number of visits at each station, illness severity, sucking speed and number of milk drinking break offs of calf 822, depending on age

desto auffälliger war das Tier an dem Tag. Durch die täglichen Summen ergibt sich für jedes Tier altersspezifisch ein Gesundheitszustandsverlauf, wobei ein Tier mit einer KI vom Wert 2 noch als gesund zu betrachten ist, über 7 als sehr krank.

Die Kälber wurden altersabhängig mit Milchaustauscher (MAT), Kraftfutter (KF), Heu und Trinkwasser (TW) gefüttert. MAT-Tränke und Kraftfutter wurden nach einem im PC hinterlegten Tränke- und Kraftfutterplan rationiert angeboten, Wasser und Heu konnten vom Tier ad libitum aufgenommen werden. Bei der Auswertung wurden die Aufnahmen an MAT, KF und Heu als Trockensubstanz (TS)-Aufnahme zusammengefasst. Die abgerufenen Mengen an Milchtränke und Trinkwasser bilden zusammen mit den Wassergehalten der Aufnahmen von KF und Heu die Wasseraufnahme.

Ergebnisse eines Tieres und Diskussion

Exemplarisch wurden die Daten des Tieres 822 vom 11. bis 96. Lebenstag ausgewertet. Dabei konnten von den 329 Tagesaufnahmewerten jeweils lediglich 2,7% der TS- und der Wasserdaten sowie die dazugehörige Anzahl der Besuche an der Station nicht in die Auswertung mit eingehen. Erfasste Daten, bei denen die Technik Störungen aufwies, gingen nicht in die Auswertung ein (fehlende Datenpunkte in Bild 2 und Bild 3). Das weibliche Kalb der Rasse Deutsche Holstein war im Mittel gesund und wirkte äußerlich sehr vital. Die in Bild 2 und Bild 3 dargestellten Kurven lassen Zusammenhänge vermuten, welche auch im Hinblick auf eine mögliche Krankheitsfrüherkennung statistisch bestätigt werden konnten ($P < 0,0001$)

(Tab. 1). Am stärksten altersabhängig ist die Entwicklung des Tiergewichts mit einer Korrelation von $r = 0,98$. Mit zunehmendem Alter nahm das Tier mehr TS und somit mehr Energie als auch mehr Trinkwasser zu sich. Eine stark positive Korrelation von 0,92 zwischen Alter und KF-Aufnahme verdeutlicht, dass die Aufnahmemenge von Kraftfutter stärker vom Alter des Tieres abhängt als jene von Wasser ($r = 0,86$) und Heu ($r = 0,79$). Die Höhe der Korrelationen ist dabei allerdings auch abhängig vom Fütterungsregime, wobei das Tier zum ersten Mal am 62. Lebenstag die rationiert angebotene KF-Menge ganz aufnahm. Wie auch [3] feststellte, stieg mit zunehmendem Alter die Anzahl der Besuche an den Stationen. Auf das Alter bezogen konnte der höchste Zusammenhang mit Besuchen am KF-Automat ($r = 0,82$) registriert werden. Der stärkste Zusammenhang zwischen der Anzahl der Stationsbesuche und der jeweiligen Aufnahmemenge konnte beim Heu verzeichnet werden ($r = 0,87$).

Weiter veranschaulichen die Kurvenverläufe in Bild 3, dass mit zunehmendem Alter das Tier weniger krank war. Mit zunehmender Krankheitsintensität wurde zwar weniger Kraftfutter ($r = -0,67$), Trinkwasser ($r = -0,43$) und Heu ($r = -0,40$) aufgenommen, die Milchtränkeaufnahme stieg dagegen leicht an ($r = +0,35$, $P = 0,0031$, $n = 71$). Allerdings ist zu bedenken, dass vor allem junge Tiere krank werden und diese noch nicht viel Futter und Trinkwasser aufnehmen. Je kränker das Tier war, desto weniger aktiv war es bezüglich der Stationsbesuche, wobei es vor allem die Besuche am Trinkwasser verringerte. Die Aussage von [4], dass mit steigender Krankheitsintensität die Sauggeschwindigkeit (SG) sinkt, kann bestätigt

werden. Die These, dass mit zunehmender Krankheitsintensität die Anzahl der Tränkeabbrüche zunimmt [5], konnte mit $r = +0,24$ ($P = 0,0457$, $n = 71$) ebenfalls bestätigt werden, wohingegen mit $r = -0,026$ ($P = 0,8643$, $n = 47$) kein statistischer Zusammenhang zwischen Krankheitsintensität und den automatisch erfassten Temperaturwerten nachgewiesen werden konnte.

Außerdem konnte anhand der Daten analysiert werden, dass das Tier 822 jeweils zwei Tage vor den Tagen mit hoher Krankheitsintensität um 0,80 und 0,35 l oder 267% und 44% (bezogen auf den Vortag) mehr Trinkwasser aufnahm und besonders aktiv war (28 und 15 sowie 97% und 38% mehr Besuche an den Stationen als am Vortag).

Fazit und Ausblick

Die Verwendung von mehr Kontrollgrößen als bisher ermöglicht ein effizienteres und weitgehend automatisiertes Gesundheitsmonitoring und damit eine frühere Krankheitsbehandlung. Auf den Ergebnissen der Datenauswertung aller 66 Versuchstiere aufbauend sollen Empfehlungen für ein optimiertes Management und Entscheidungsregeln für die Prozesssteuerung in vernetzten Systemen in der Kälberaufzucht erarbeitet werden. Es müssen die Potenziale zur Optimierung von Arbeits- und Produktionsprozessen durch die Interaktion verschiedener Subsysteme erschlossen werden, um präventive Maßnahmen durch bedarfsorientierte Behandlungen ersetzen zu können.

Christine Braunreiter, Martin Lorenz, Bernhard Haidn und Josef Eckl, Freising

Eine runde Bewegungsbucht mit Fixiermöglichkeit der Sau in den ersten Tagen post partum

Bewegungsbuchten im Abferkelbereich versprechen positive Effekte auf das Wohlbefinden der Zuchtsauen. Die Erdrückungsverluste in Bewegungsbuchten liegen jedoch signifikant höher als im Kastenstand. Untersuchungen mit einer Rundbucht zeigten, dass Erdrückungsverluste nur in den ersten 48 h p.p. auftraten [2]. Aus diesem Grund wurden in einem Folgeversuch die Zuchtsauen während dieser 48 h Phase fixiert und danach wieder frei gelassen. Auf diese Weise sollten die positiven Effekte der Bewegungsbucht genutzt und die Ferkelverluste reduziert werden.

Dipl.-Ing.agr. Christine Braunreiter ist wissenschaftliche Assistentin am Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik (komm. Leitung: Prof. Dr. agr. Dr. agr. habil. Hermann Auernhammer) der TU-München, Am Staudengarten 2, 85354 Freising; e-mail: christine.braunreiter@wzw.tum.de.

Martin Lorenz war Diplomand der FH Weihenstephan und fertigte seine Diplomarbeit am Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik zu diesem Thema an. Dr. Bernhard Haidn ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Dr. Eckl ist als Professor für Landtechnik an der FH Weihenstephan tätig.

Schlüsselwörter

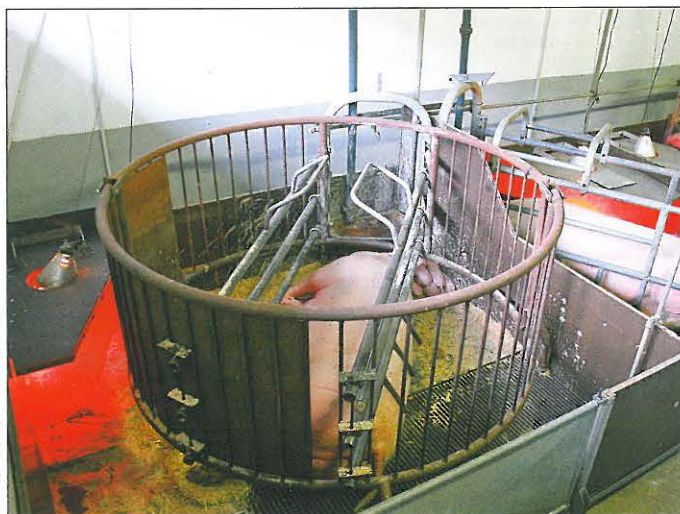
Zuchtsauen, Abferkelbucht, runde Bewegungsbucht, Tierverhalten, Reproduktionsparameter

Keywords

Breeding sows, farrowing crates, circular crate, animal behaviour, reproduction parameters

Bild 1: Rundbucht mit Fixierung der Sau in den ersten 48 h post partum

Fig. 1: Circular crate with piglet nest and fixed sow during 48 hours post partum



Seit den 70er Jahren hat sich für die Zuchtsauenhaltung im Abferkelstall die Haltung mit ständiger Fixierung der Sau im Kastenstand und Spaltenboden als Standard-system für eine wirtschaftliche Ferkelproduktion etabliert. Der Kastenstand zielt insbesondere auf die Reduzierung der Saugferkelverluste [1], Arbeitszeiteinsparung und Minderung der Verletzungsgefahr für den Tierhalter ab. Demgegenüber steht die Tatsache, dass die Einschränkung der Bewegungsfreiheit oftmals negativ für das Wohlbefinden der Tiere ist, da Verhaltensstörungen bei den Tieren häufiger auftreten. Tierschutz wird aber zunehmend von den Verbrauchern gefordert. Da bereits die Fixierung der Sau im Abferkelstall in Schweden und der Schweiz verboten ist, kann davon ausgegangen werden, dass die bestehende EU-Richtlinie in einigen Jahren novelliert wird und somit praktikable Alternativen für das bestehende Haltungssystem zur Verfügung stehen sollten.

Vorliegende Untersuchungen basieren auf einer vom Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik modifizierten runden Bewegungsbucht, die bereits 2005 auf der Versuchsstation der TU-München in Thalhausen erprobt wurde [5]. In diesem ersten Versuch konnte gezeigt werden, dass die Sauen in der Rundbucht ein weites Spektrum von Verhaltensweisen ausüben konnten [2]. Die Ferkelverluste lagen wie in anderen Bewegungsbuchten mit 7,9% (18 Testsaunen) deutlich höher als bei den (Kontroll-)Tieren im Kastenstand (0,5% bei insgesamt 18 Kontrolltieren). Jedoch traten die Verluste ausschließlich in den ersten 48 h

post partum auf. Aus diesem Grund wurden die Buchten modifiziert und ein Folgeversuch durchgeführt (Bild 1 und 2).

Material und Methode

In drei Abferkelabteilen wurden insgesamt sechs Testbuchten (Abmessung 2,2m•2,4 m) neben sechs konventionellen Kastenstandbuchten auf der Versuchsstation eingebaut. Der hintere Teil ist gelenkig mit dem vorderen verbunden, so dass er zum Ein- und Ausstellen der Sau hochgeklappt werden kann. Bei den Bodenvarianten wurden vier verschiedene Varianten hinsichtlich Tierhygiene und Arbeitswirtschaft getestet. In der ersten Variante waren zwei Drittel des Buchtenbodens mit einer Gummimatte ausgelegt, in der zweiten war die Gummimatte nur im Bereich des Ferkelnestes und in der dritten eine kleine runde Matte zentral in der Rundbucht angebracht. In der letzten Variante wurde keine Matte ausgelegt.

In drei Durchgängen wurde an festgelegten Tagen das Verhalten der Sauen über Videoaufzeichnung erfasst. Es wurden die Phasen Einstallen, Fixierung (einschließlich Nestbauphase von 48 h ante und post partum) und Freilauf (ab 48 h post partum nach Entfernung der Fixierbügel) unterschieden. Da sich die Ergebnisse der Verhaltensanalyse in der Einstall-, Nestbau- und Geburtsphase nicht von den ersten Ergebnissen unterschieden [2], wurde auf die genauere Analyse dieser sowie der Säugephase verzichtet und der Fokus auf die Fixierphase und Geburtsphase (48 h p.p.) gerichtet.

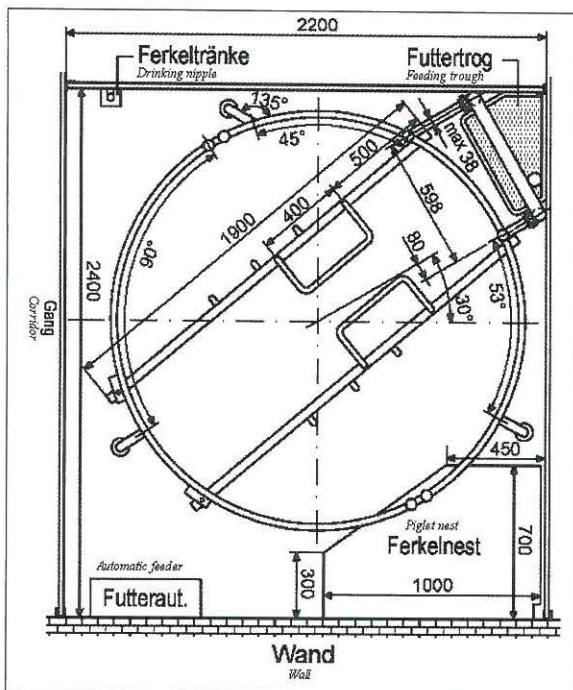


Bild 2: Grundriss der Rundbucht

Fig. 2: Ground plan of the circular crate

Ergebnisse und Diskussion

Tierverhalten

Die Anzahl der Verhaltenswechsel war zum Zeitpunkt kurz vor der Geburt relativ gering und stieg erst wieder nach der Geburt an. Die Zunahme der Aktivität war insbesondere vor und nach den Säugeakten in der Freilaufphase zu beobachten. Die Verhaltensanalyse des ersten Versuches 2005 kam zu dem Ergebnis, dass Kastenstandsauen tendenziell länger sitzen. Dies kann in vorliegender Untersuchung nur zum Teil bestätigt werden. Die gesamte Sitzdauer im Beobachtungszeitraum ist bei den Rundbuchtswauen höher, die Dauer je Verhalten „Sitzen“ ist bei den Kastenstandsauen höher. Die Rundbuchtswauen zeigen das Verhalten „Sitzen“ also häufiger, aber jeweils kürzer.

Beim Verhalten „Stehen“ liegt ein ähnliches Bild vor. Die Testsauen in der Rundbucht zeigten die Verhaltensweise tendenziell häufiger, insgesamt betrachtet länger, aber pro Verhaltensweise kürzer. Aufgrund der größeren Anzahl von Wechsels in den Verhaltensweisen resultierte wiederum eine höhere Aktivität der Sauen in der Rundbucht im Vergleich zu den Kontrollsaunen im Kastenstand.

In der Fixierphase, also im Zeitraum vor der Geburt, überwiegt bei allen Sauen die Bauchlage gegenüber der Seitenlage. In dem Zeitraum nach der Geburt liegen alle Sauen häufiger in Seiten- als in Bauchlage, wobei aber die Testsauen häufiger am Bauch liegen als die Kontrollsaunen. Die durchschnittliche Länge der Liegephasen ist sowohl in der Fixier- als auch in der Freilaufphase bei den Kontrollsaunen höher als bei den Testsauen. Es kann folglich wieder auf eine insgesamt höhere Aktivität der Testsauen in der Rund-

bucht geschlossen werden. Das häufigste Verhalten aller Sauen in der Fixierphase ist das Erkundungsverhalten (wühlen, schnüffeln, kauen, beißen), wobei die Testsauen das Verhalten stärker zeigen als die Kontrollsaunen. Dies liegt vermutlich an der in der Fixierphase neuen Umgebung für die Testsauen durch das Einhängen der Fixierbügel und die dadurch reduzierte Bewegungsfreiheit.

Reproduktionsparameter

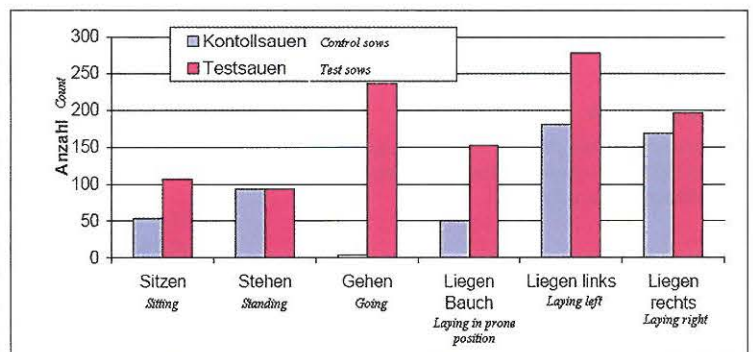
Das Verlustniveau bewegt sich bei den Kontrollsaunen mit 2 % insgesamt auf sehr niedrigem Niveau im Vergleich zu 4,9 % als Durchschnittszahl des Betriebes der letzten Jahre. Generell ist der Versuchsbetrieb deutlich besser als der Durchschnitt aus deutschen Ferkelerzeugerbetrieben mit 16 % [3]. Somit sind auch die Gesamtverluste von 5 % in der Rundbucht auf einem durchwegs akzeptablen Niveau im deutschlandweiten Vergleich. Durch die Fixierung der Testsauen in den ersten 48 Stunden nach der Geburt konnten die Saugferkelverluste im Vergleich zum Versuch 2005 [2] um über 3 % gesenkt werden. Damit lagen die Erdrückungsverluste in der Rundbucht allerdings immer noch um 3 % höher als in den Kontrollbuchten, woraus sich bei Vollkostenbetrachtung ein Mindergewinn von 64 pro Sau und Jahr im Vergleich zum Kastenstand ergibt.

Tierhygiene

Durch einen hohen Verschmutzungsgrad entsteht ein erhöhter Reinigungsaufwand für das betreuende Personal. Außerdem bringt eine Verschmutzung, etwa des Gesäuges, Hygieneprobleme mit sich. Deshalb gilt es, den Verschmutzungsgrad so gering wie möglich zu halten. Die Vollspaltenbucht hat bezüglich der Verschmutzung von Sauen und Buchten am besten abgeschnitten, ist aber aus ethologischen und rechtlichen Gründen bedenklich. Weiterhin positiv zu beurteilen ist Variante 3 des Bodenbelags.

Bild 3: Anzahl der Verhaltensweisen in der Bewegungsphase (Rundbucht gegen Kastenstand)

Fig. 3: Number of behavioural traits in the locomotion phase (circular crate vs. traditional rectangular crate)



Fazit und Ausblick

Die Fixierung von Sauen in der Rundbucht um den Geburtszeitraum hat es ermöglicht, die Saugferkelverluste um knapp 3% im Vergleich zur Rundbucht ohne Fixiermöglichkeit zu senken. Allerdings muss beachtet werden, dass das Verlustniveau bei den Kontrollsaunen mit 2 % ebenfalls auf einem äußerst niedrigen Niveau lag.

Das System der Rundbucht ist für die Sau eine deutliche Verbesserung hinsichtlich der Tiergerechtigkeit, jedoch ist sie noch ein wirtschaftlicher Kompromiss, der bei weiterer Modifikation und Untersuchungen eine Alternative zum herkömmlichen Kastenstand sein kann.

Das Forschungsvorhaben war ein Gemeinschaftsprojekt der TU-München Weihenstephan, der Fachhochschule Weihenstephan und der Landesanstalt für Landwirtschaft. Ein besonderer Dank gilt der H. Wilhelm Schaumann Stiftung, die dieses Projekt gefördert hat.

Literatur

- [1] Hausmann, M.F., M.J. Daniels and D.C. Lay Jr.: Consideration of piglet behaviour may allow alterations in sow housing to increase both piglet and sow welfare.-In: Swine Housing, Proceedings First International Conference (October 9-11, 2000, Des Moines, Iowa), St. Joseph, Mich, ASAE, 2004, pp.126-132
- [2] Litschauer, K.: Vergleich der Zuchtsauenhaltung im Abferkelstall zwischen einer runden Bewegungsbucht und einem konventionellen Kastenstand hinsichtlich ethologischer und Verfahrenstechnischer Parameter. Diplomarbeit Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, TU-München - Weihenstephan, 2005
- [3] Arden, M.: Ferkelverluste runter - 10 % sind machbar! In: Ferkelverluste senken. Topagrar Fachbuch, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup, 2004
- [4] Litschauer, K., B. Haidn and H. Auernhammer: Circular Crates for Farrowing Sows - Effects on Animal Behaviour. - CIGR World Congress, Bonn, Sept. 2006
- [5] Litschauer, K., M. Gallmeier und B. Haidn: Eine runde Bewegungsbucht für Zuchtsauen im Abferkelstall. LANDTECHNIK 61 (2006), H. 2, S. 96-97

Georg Wendl, Stefan Thurner, Georg Fröhlich, Stephan Böck und Robert Weinfurter, Freising

Systeme zur individuellen und automatischen Erfassung von Leistungs- und Verhaltensparametern bei Legehennen in Gruppenhaltung

Zur automatischen Erfassung des Auslaufverhaltens, des Legeverhaltens und der Legeleistung wurden ein elektronisches Schlupfloch und ein elektronisches Legenest entwickelt und getestet. Beide Systeme ermöglichen eine exakte Einzeltierdatenerfassung über längere Zeiträume bei geringem Arbeitsaufwand. Dadurch stehen erstmals Daten von verschiedenen Verhaltens- und Leistungsmerkmalen über die gesamte Legeperiode für die Optimierung von Gruppenhaltungssystemen und für die Züchtung von speziell für Gruppenhaltungssysteme geeigneten Hennen zur Verfügung.

Die Haltung von Legehennen befindet sich derzeit im Umbruch. Mit dem Inkrafttreten der neuen Haltungsvorschriften entsprechend den Verordnungen auf Länder- und EU-Ebene [5, 7] werden vermehrt Boden- und Freilandhaltungssysteme eingesetzt. Neben dem Sozialverhalten, das auch bei den ausgestalteten Käfigen eine Rolle spielt, treten in der Boden- und Freilandhaltung wichtige Aspekte wie Nest- und Auslaufakzeptanz in den Vordergrund. Derartige Informationen wurden beziehungsweise konnten bisher nur für die gesamte Herde, jedoch nicht für das Einzeltier erfasst werden [1, 6]. Einzeltierbezogene Daten werden jedoch benötigt, da sie die Grundlage für die Errechnung züchterischer Parameter sind und so eine gezielte Selektion von geeigneten Hybriden ermöglichen [3]. Ziel des Projekts war es daher, Systeme zur automatischen einzeltierbezogenen Erfassung des Auslaufverhaltens, des Legeverhaltens und der Legeleistung von allen Hennen einer Herde mit Hilfe der RFID-Technologie zu entwickeln und zu erproben.

Derfrequenz-Glastranspondern (ISO 11784/11785). Das ESL (Bild 1) wurde so konzipiert, dass die Hennen das Schlupfloch nur einzeln und nacheinander passieren können. Die Hennen werden dabei an zwei in den Antritt integrierten Antennen registriert, wodurch es über die zeitliche Abfolge möglich wird, die Passagerichtung zu bestimmen.

Das WMN (Bild 2) ist ein Einzelnest, das in drei getrennte Bereiche, den Anflugbalkon, das Legenest und die Ei-Sammelvorrichtung, unterteilt werden kann. Den Nestinnenraum erreichen die Hennen vom Anflugbalkon durch Fanggabeln, die zur Vereinzeln der Hennen und zum Versperren des belegten Nests dienen. Die Antenne zum Lesen des Transponders am Ständer der Henne ist im muldenförmigen Nestboden integriert. Weiterhin gewährleistet der Muldenboden, dass jedes Ei sofort nach dem Legen abrollt und hinter dem Nest am mechanischen Eisensor registriert werden kann. Anschließend werden die Eier in der Ei-Sammelrinne über den Tag entsprechend der Legereihenfolge gesammelt, wodurch über die Position der Eier in Kombination mit dem Ei-Signal und der registrierten Transpondernummer eine Zuordnung „Henne – Ei“ ermöglicht wird. Jede Antenne im Schlupf und im Nest verfügt über ein eigenes RFID-Modul, die untereinander synchronisiert sind. Jeweils vier Antennen beziehungsweise vier RFID-Module sind zu einer Vierfachleseeinheit zusammengefasst

Dr. agr. Georg Wendl ist Leiter und M.Sc. Stefan Thurner, Dr.-Ing. Georg Fröhlich, Stephan Böck sowie Dipl. Ing. (FH) Robert Weinfurter sind Mitarbeiter des Instituts für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Vöttinger Str. 36, D-85354 Freising; e-mail: Georg.Wendl@Lfl.bayern.de

Schlüsselwörter

Elektronische Tierkennzeichnung, Legeleistung und -verhalten, Auslaufverhalten, Legehennen, automatische Datenerfassung

Keywords

Electronic animal identification, laying performance and behaviour, ranging behaviour, laying hens, automated data recording

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07SH01 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Material und Methode

Für die Erfassung des Auslaufverhaltens wurde das elektronische Schlupfloch (ESL) und für die Erfassung des Legeverhaltens und der Legeleistung wurde das Weihenstephaner Muldenest (WMN) entwickelt. Beide Systeme basieren auf der individuellen elektronischen Tierkennzeichnung mit Hilfe von in Fußringen eingelegten Nie-

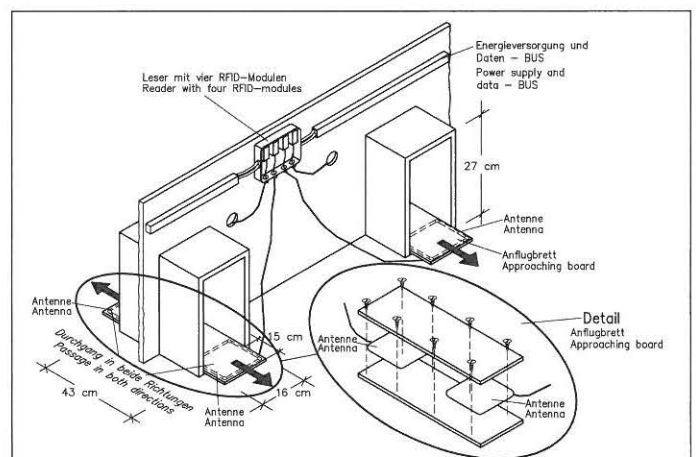


Bild 1: Schemazeichnung des Elektronischen Schlupflochs

Fig. 1: Sketch of the Electronic Pop Hole

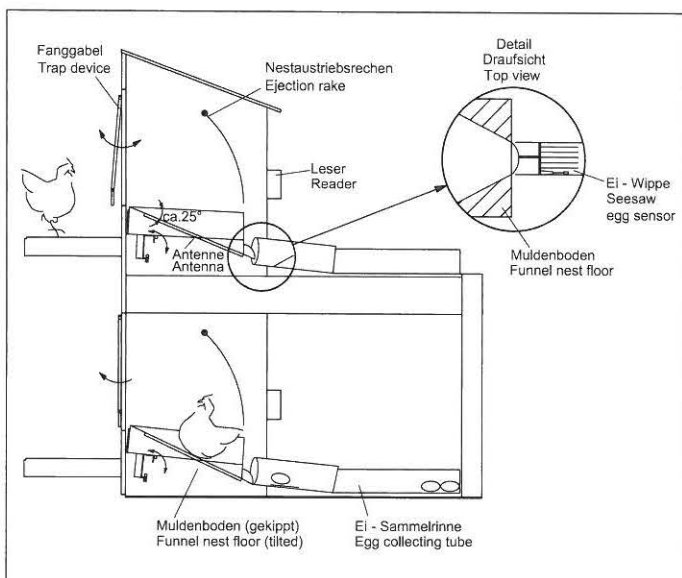


Bild 2: Schemazeichnung des Weihenstephaner Muldennests

Fig. 2: Sketch of the Funnel Nest Box

war damit um 6 bis 10 min kürzer als bei niedrigeren Besatzdichten (LS14B: 36,56 min; LSL16: 41,86 min). Aus der Verteilung der Besuchszeiten geht hervor, dass bei den LS-

[2]. Alle Leseinheiten verfügen zusätzlich über acht Sensoreingänge, über die Signale der Ei-Wippen registriert werden. Bis zu 50 Leseinheiten können über ein RS485 Bus-System mit einem PC verbunden werden, der für die Steuerung der Leseinheiten und für die Datenerfassung und -auswertung zuständig ist. Durch eine hohe Abfragefrequenz kann der Nestein- und -ausgang der Hennen, der Zeitpunkt der Eiablage sowie die Passage durch das Schlupfloch im Sekundentakt erfasst werden.

Auf der Versuchsstation Thalhausen der Technischen Universität München wurde ein Pilotabteil mit Voliere und Kaltscharrum für die Untersuchungen mit 48 WMN und vier ESL ausgerüstet. Beide Systeme wurden bereits mit mehreren Herden getestet und Daten jeweils über die gesamte Legezeit (~ acht bis 14 Monate) aufgezeichnet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Zuordnungssicherheit „Henne – Ei“ in der Regel bei mehr als 95 % lag [10], beziehungsweise die Identifizierungssicherheit der Hennen an beiden Antennen des ESL bei mehr als 97 % [8]. Größte Fehlerursache bei der „Henne – Ei“-Zuordnung ist derzeit noch die vereinzelt vorkommende Doppelbelegung des Einzelnestes durch die Hennen.

Ergebnisse zur NESTAUFENTHALTSZEIT vor und nach der Eiablage

Beispielhaft werden nachfolgend Ergebnisse zum Nestverhalten näher vorgestellt. Als Herkünfte wurden Lohmann Silver (LS) und Lohmann Selected Leghorn (LSL) Hennen untersucht. Herde LS12 sowie LS14A wiesen eine hohe Besatzdichte von mehr als sieben Hennen pro Nest auf, wohingegen Herde LS14B (Herde LS14A wurde reduziert) und LSL16 eine niedrige Besatzdichte aufwiesen. Die Daten wurden für alle Hennen ausgewertet, die bis zum Ende der Legezeit oder bis zur Reduktion in der Herde waren.

Bei hohen Besatzdichten lag die Dauer der Nestbesuche im Mittel bei rund 30 Minuten (LS12: 29,45 min; LS14A: 30,35 min) und

Hennen der Anteil der Hennen, die bis zu 30 min im Nest verweilten, zwischen 50 und 60 % lag, bei den LSL-Hennen betrug dieser Wert allerdings nur 30 %. Bei den niedrigeren Besatzdichten nahm der Anteil Hennen, die zur Eiablage länger als 50 min im Nest verweilten, stark zu, bei der Herde LSL16 betrug dieser Anteil sogar mehr als 30 % (Bild 3). Generell zeigte sich, dass Hennen, die bei einem Nestbesuch mit Eiablage länger im Nest blieben, einen höheren Anteil der Nestbesuchszeit nach der Eiablage aufwiesen. Im Mittel lag dieser Zeitanteil bei Herde LS12 bei 27,6 %. Bei Herde LS14 war dieser Zeitanteil etwas höher, änderte sich durch die Reduzierung der Besatzdichte aber kaum (LS14A: 34,9 %; LS14B: 36,5 %). Die Hennen der Herde LSL16 verbrachten dagegen mehr als die Hälfte der gesamten Nestbesuchszeit nach der Eiablage im Nest (55,8 %). Auffallend war bei den niedrigen Besatzdichten, dass bei Hennen, die bis zu 15 min im Nest blieben, der Zeitanteil nach der Eiablage sehr hoch war (> 50 %).

Fazit und Ausblick

Mit dem ESL und WMN stehen erstmals zuverlässige Techniken zur Erfassung verschiedener Verhaltens- und Leistungsparameter bei Legehennen in Gruppenhaltung zur Verfügung. Die automatische Erfassung von einzeltierbezogenen Parametern liefert detaillierte Daten über längere Zeiträume, mit deren Hilfe die Haltungssysteme und die Eignung einzelner Herkünfte für diese Haltungssysteme gezielter bewertet werden können. Die vorgestellten Ergebnisse zeigen nur einen kleinen Teil der möglichen Auswertungen mit Hilfe des WMN, weitere Ergebnisse zum ESL und WMN sind in der Literatur verfügbar [9]. Der Einsatz dieser Technik zur Selektion von Legehennen für die Gruppenhaltung hilft bei der Zucht von Herkünften, die besser an alternative Haltungssysteme angepasst sind und bei denen deshalb die Anforderungen an das Herdenmanagement und der Arbeitsaufwand geringer sein dürften [4]. Weitere Systeme, basierend auf Hochfrequenz-Transpondern, die es mit Hilfe eines Antikollisionssystems ermöglichen, mehrere Hennen gleichzeitig am Schlupf oder im Nest zu identifizieren, sind in Entwicklung. Mit dem dadurch möglichen breiteren elektronischen Schlupfloch und dem Einsatz des Systems im konventionellen Gruppennest soll das Auslauf- und Legeverhalten möglichst praxisnah erfasst werden, um bei der Züchtung und bei der Gestaltung von alternativen Haltungssystemen mögliche Unterschiede zum Verhalten beim ESL und WMN zu berücksichtigen.

Das dieser Veröffentlichung zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des BMBF und der Lohmann Tierzucht GmbH gefördert.

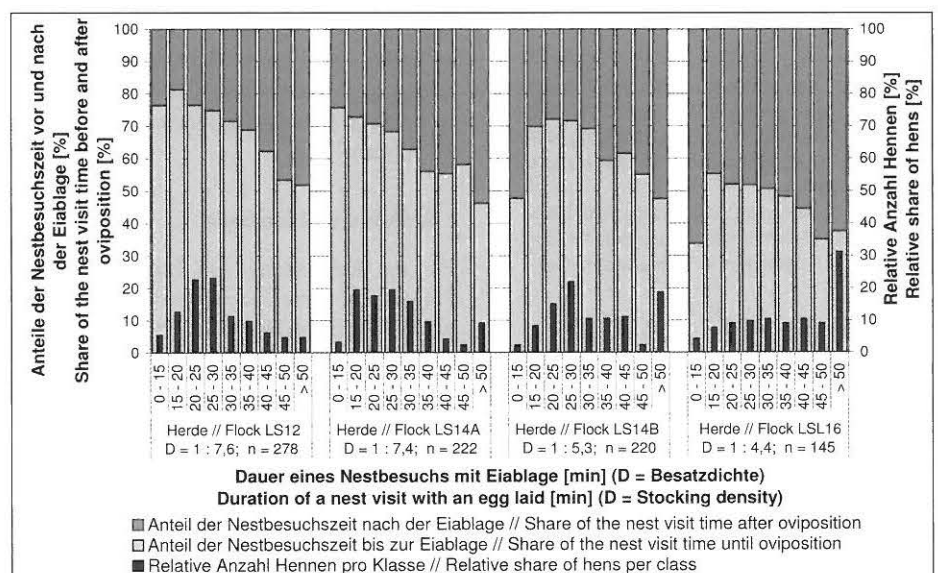


Bild 3: Relative Dauer der Nestbesuchszeit vor und nach der Eiablage für drei Herden unterschiedlicher Herkünfte mit verschiedenen Besatzdichten

Fig. 3: Share of the duration of nest visits before and after oviposition for three flocks of different breeds and stocking densities

Bernhard Haidn und Wolfgang Jank, Freising

Arbeitszeitbedarf und Kosten von Entmistungsverfahren in Boxenställen für Pensionspferde

Der Arbeitszeitbedarf für die Entmistungsarbeit in Boxenställen für Pferde nimmt einen sehr hohen Anteil an der Gesamtarbeit ein. Deshalb werden mit steigenden Bestandesgrößen zunehmend stationäre Entmistungsanlagen eingebaut. In vorliegender Untersuchung werden verschiedene Mechanisierungsverfahren für das Entmisten hinsichtlich Arbeitszeitbedarf und Verfahrenskosten verglichen.

Dr. Bernhard Haidn ist Koordinator des Arbeitsbereichs Tierhaltungsverfahren am Institut für Landtechnik und Tierhaltung (Leitung: Dr. Georg Wendl) der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 85354 Freising.

Dipl. Ing. agr. Wolfgang Jank fertigte zu diesem Thema seine Diplomarbeit am Lehrstuhl für Landtechnik der TU-München in Weihenstephan an.

Schlüsselwörter

Arbeitszeitbedarf, Verfahrenskosten, Entmistungstechnik

Keywords

Working time requirement, procedural costs, manure removal systems

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07SH16 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Die Haltung von Pferden in Boxenläufställen ist ähnlich arbeitsintensiv wie die von Milchkühen. Auch wenn Angaben zum Arbeitszeitbedarf für die Pferdehaltung in Boxenställen mit Werten von 25 bis 60 AKh/Pferd und Jahr sehr stark variieren, nimmt das Entmisten in einer Zusammenstellung verschiedener Autoren [4] mit 25 bis 40 % der Gesamtarbeitszeit immer den höchsten Anteil aller Arbeitsvorgänge ein. Deshalb wird gerade bei dieser Haltungform versucht, mit mobiler oder stationärer Entmistungstechnik teure Arbeitszeit einzusparen und die körperliche Belastung zu reduzieren. Während der Einsatz mobiler Entmistungsgeräte (Hoflader) sowohl in der Boxen- als auch Laufstallhaltung zum Standard gehören, sind mechanische und pneumatische Entmistungsanlagen derzeit noch eher selten vorzufinden. Insbesondere für größere Tierbestände werden verschiedene technische Lösungen am Markt angeboten und in die Praxisbetriebe eingebaut, die das Ziel haben, das Entmisten zu beschleunigen und die körperliche Belastung zu verringern. Für eine vergleichbare Bewertung der verschiedenen Techniken lagen bisher keine Ergebnisse vor. Ziel dieser Untersuchung war es deshalb, mit Hilfe einer Datenerhebung in Praxisbetrieben sowie durch Modellkalkulationen eine Beurteilung und Bewertung der stationären Entmistungssysteme vornehmen zu können.

Material und Methode

Für die Entmistung von Boxenställen für Pferde sind verschiedene stationäre Entmistungsanlagen am Markt und in den Betrieben anzutreffen. Hierzu zählen:

- Schubstangenentmistung
- Seilzugentmistung
- Flachschieberanlage
- Endloskettenentmistung
- Bandentmistung
- Pneumatische Entmistung

Zunächst wurden Praxisdaten zu diesen Entmistungsverfahren in zehn Betrieben erhoben (Tab. 1). Die wesentlichen Betriebsdaten zu Arbeitspersonen, Tier-/Boxenzahlen, Gebäuden, Verfahrenstechnik und Kosten so-

wie zur Zufriedenheit mit dem System wurden bereits vor dem ersten Betriebsbesuch über einen Fragebogen erfasst. Ebenso wurde nach dem täglichen Arbeitszeitaufwand für das Entmisten gefragt. Unklarheiten sowie die Arbeitsabläufe beim Entmisten und Details zur baulichen Ausführung (Eigenleistung, Baumaterial) wurden beim ersten Betriebsbesuch in einem Gespräch geklärt.

In den in Tabelle 1 aufgeführten Betrieben waren Boxengrößen von 3m • 4m und 3,3m • 3,3m anzutreffen. In vier Betrieben waren zusätzlich Paddocks mit 3m • 6m und 3,3m • 7,0m eingebaut. Als Einstreumaterial wurden in sechs Betrieben ein Gemisch aus Stroh (75 %) und Späne (25 %), in drei Betrieben Sägemehl und Stroh und in einem nur Späne verwendet. Der Einwurf zu den Entmistungsanlagen erfolgte bei den drei Betrieben mit Seilzugentmistung am Mittelgang, ebenso bei Betrieb 1 mit Schubstangenentmistung. Bei allen übrigen Betrieben waren abgedeckte Öffnungen in der Boxenecke oder in der Seitenwand vorhanden. Die Leistung der Antriebsaggregate der stationären Anlagen lag für die Endlosketten-, Seilzug- und Bandentmistung zwischen 1,5 und 3 kW, für die Schubstangenentmistung bei 2,2 bis 8,5 kW und für die pneumatische Entmistung bei 15 und 18,5 kW.

Der Betriebsdatenerhebung schlossen sich Arbeitszeitmessungen auf Basis der Zeitelementmethode in den Betrieben an. Um Einflüsse des Betriebs- und der Arbeitspersonen zu vermeiden, wurde für jedes Entmistungsverfahren ein Modellbetrieb mit 24 Pferdeboxen (3m • 4m) und Paddocks (3m • 6m) gebildet, für den alle relevanten Vergleichskennzahlen berechnet wurden. In die Kalkulation des Arbeitszeitbedarfs gingen ebenfalls Kennwerte früherer Zeitmessungen [1, 3, 4, 5] ein. Als Standardverfahren wurde die manuelle Entmistung mit Karren gewählt.

Die Ermittlung des Investitionsbedarfs für die Entmistungsanlagen basierte auf Firmenangeboten, die eigens für den Modellstall angefertigt wurden. Als Baukosten für die Entmistungskanäle wurden die Informationen aus den Erhebungsbetrieben sowie bei Bedarf und als Vergleichsgrundlage Literaturdaten [6] herangezogen.

Ergebnisse

Um den Einfluss der Mistmenge je Box auf den Arbeitszeitaufwand abschätzen zu können, wurde auf Betrieb 3 und 9 der Mistanfall gewogen und Durchschnittswerte von 29,1 kg \pm 4,4 sowie 24,8 kg \pm 2,0 je Box ermittelt. Aufgrund der geringen Streuung dieser Werte war ein Einfluss auf den Arbeitszeitbedarf nicht zu erwarten. Deshalb wurde darauf verzichtet, die Wiegung bei allen Betrieben und Boxen durchzuführen.

Der von den Betriebsleitern angegebene tägliche Arbeitszeitaufwand für das Entmisten betrug im Durchschnitt 4,45 APmin je Box und Tag und schwankte zwischen den Betrieben von 1,30 bis 7,69 APmin. Im Vergleich hierzu lag der gemessene Zeitaufwand für die Tätigkeit des Entmistens im Durchschnitt von 140 Pferdeboxen bei 3,76 APmin mit einer Standardabweichung von 1,91 APmin (Tab. 1). Darin nicht enthalten sind rund 0,3 APmin/Box für Vor- und Nacharbeiten.

Die sehr große Abweichung der Schätzwerte zwischen den Betrieben wurde durch die Messungen bestätigt. Zusätzlich wurde deutlich, dass auch innerhalb der Betriebe erhebliche Unterschiede im Zeitaufwand zu verzeichnen waren. Der Zeitbedarf für die

Betrieb	Baujahr	Boxenanzahl	Stallreihen	Entmistungshäufigkeit/Tag	AK-Anzahl für Entmistung	Arbeitszeitaufwand / Schätzung Betriebsleiter	Box u. Tag (APmin)	Zeitmessung n	Ø	s
Schubstangenentmistung										
1	1984	41	4	1	2	3,60	20	2,88	0,37	
2	1999	30	2	2	2	4,19	13	2,60	0,76	
3	2002	40	4	1	1	4,60	18	5,77	1,55	
Endloskettenentmistung										
4	2001 U	17	2	2	2	3,34	14	1,69	0,53	
4	2003	24	2	2	2	3,34	14	1,69	0,53	
5	1994	22	3	1	1	1,30	12	1,53	0,77	
Seilzugentmistung										
6	1986	26	4	1	2	7,69	14	6,20	0,89	
7	1990 U	10	1	1	2,2	4,59	17	5,37	0,90	
7	1992	25	2	1	2,2	4,59	17	5,37	0,90	
pneumatische Entmistung										
8	2001	14	2	1	1	5,84	12	5,05	1,78	
9	2003	48	2	1	1	3,75	20	2,75	0,61	
Bandentmistung										
10	1996	60	4	2	1,5	5,62				
Betriebe 1 - 10						4,45	140	3,76	1,91	
U = Umbau										

Tab. 1: Kenndaten zum Entmistungsverfahren und Arbeitszeitaufwand der untersuchten Betriebe

Table 1: Data on manure removal procedures and working time spent in the farms investigated

Boxentmistung war nie durch die Kapazität der Entmistungsanlage bedingt, sondern bei vergleichbaren Rahmenbedingungen immer durch das Geschick und die Schnelligkeit des Personals.

Weil die betriebsbedingten Einflüsse die Systemeinflüsse überlagerten, war es notwendig, den Arbeitszeitbedarf für den Modellbetrieb mit standardisierten Planzeiten zu berechnen.

In diese gingen etwa 25 verschiedene Zeitelemente für das Entmisten der Boxen, der Paddocks und für den Abtransport des Mistes zum Lager ein. Die Ergebnisse dieser Kalkulationen sind für den Modellstall mit 24 Pferden und verschiedenen Entmistungsverfahren in Tabelle 2 zusammengestellt. Im Vergleich zur Schubkarrententmistung können durch eine Entmistungsanlage im Durchschnitt 224 AKh oder 9,3 AKh/Box im

GLÜCKWUNSCH ZUR EMERITIERUNG

The BIG Feeling



Danke an einen Großen der deutschen Landtechnik

Mit Prof. Dr. agr. Dr. agr. habil. Hermann Auernhammer geht einer der führenden deutschen Landtechnik-Experten in den verdienten Ruhestand. KRONE verdankt ihm viel. Mit seinem großen Wissen und exzellenten Praxis-Know-how, das er in die Entwicklung der KRONE-Landmaschinen einbrachte, leistete er einen wichtigen Beitrag zum Erfolg unserer Hochleistungsprodukte. **Alles Gute, Hermann Auernhammer!**

Maschinenfabrik Bernard KRONE GmbH, Heinrich-Krone-Straße 10, D-48480 Spelle
Tel.: +49 (0) 59 77/9 35-0, Fax: +49 (0) 59 77/9 35-3 39, Mail: info.ldm@krone.de, Internet: www.krone.de

KRONE
Ernte gut, alles gut!

Entmistungsverfahren	Schubkarre	Schubstange	Seilzug	Flachschieber	Endloskette	Band	Pneumatik
Arbeitszeitbedarf AKh	971	741	770	712	741	764	755
Einzelbox entmisten AKh	861	644	674	624	644	668	659
Paddocks entmisten AKh	110	97	97	87	97	97	97
Arbeitskosten ¹⁾ Euro	12.621	9.627	10.013	9.251	9.627	9.935	9.817
Investitionsbedarf Euro		31.742	9.709	26.933	29.071	29.181	17.696
AfA ²⁾ Euro		3.174	971	2.693	2.907	2.918	1.770
Zinsanspruch Anlagevermögen ³⁾ Euro		794	243	673	727	730	442
Wartungs- u. Reparaturkosten ⁴⁾ Euro		635	194	539	581	584	354
Energiebedarf kWh		3.650	273	132	2.190	479	11.315
Energiekosten Euro		548	41	20	329	72	1697
Σkosten Entmistung Euro	12.621	14.777	11.461	13.176	14.171	14.238	14.080
Σkosten / Box Euro	526	616	478	549	590	593	587
Verletzungsgefährdung Pferde	gering	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	gering
Funktionsfähig-, Zuverlässigkeit (Langstroh, Winterbetrieb)	gut	schlecht	gut	gut	mittel	mittel	schlecht
Zugänglichkeit bei Störungen	—	schlecht	mittel	gut	unterflur	unterflur	unterflur
Bauaufwand (Kanäle)	—	hoch	unterflur, hoch	mittel	unterflur	unterflur	unterflur
Nachträglicher Einbau sinnvoll	—	nein	oberflur	ja	nein	oberflur	oberflur
Arbeitskomfort	schlecht	mittel	mittel	gut	mittel	gut	schlecht

Tab. 2: Jährlicher Arbeitszeitbedarf und Kosten für die Entmistung bei einer Anlage mit 24 Pferdeboxen

Table 2: Annual working time requirement and costs for manure removal for a 24-stall stable

Jahr eingespart werden. Von den Mechanisierungslösungen schneidet mit 712 AKh der Flachschieber am günstigsten und die Seilzugentmistung am ungünstigsten ab. Die daraus resultierenden Unterschiede in den Arbeitskosten sind unter der Annahme von 13 Euro/AKh in *Tabelle 2* ebenfalls darge-

stellt. Werden zusätzlich Kapitalkosten, Wartungs- und Reparaturkosten sowie Energiekosten berücksichtigt, so resultieren daraus die Gesamtkosten der Entmistung. Die niedrigsten Jahreskosten besitzen die beiden Entmistungsverfahren mit Seilzug (478 / Box) und mit Schubkarren (526 /Box), die

zwar den höchsten Arbeitszeitbedarf aufweisen, sich aber hinsichtlich Investitionsbedarf und Energiekosten deutlich abheben. Insbesondere wirken sich die hohen Baukosten bei den Unterfluranlagen aus. Bei der pneumatischen Entmistung sind die hohen Energiekosten besonders hervorzuheben. Neben der Kostenbewertung entscheiden weitere Faktoren über den Einsatz einer Entmistungsmechanisierung. Weitere Bewertungskriterien, resultierend aus den Erfahrungen der untersuchten Betriebe, sind in *Tabelle 2* angegeben.

Fazit

Abschließend ist festzuhalten, dass durch die Mechanisierung der Entmistung etwa 20% Arbeitszeit eingespart werden kann. Allerdings muss diese Ersparnis durch Investitionen mit Folgekosten erkauft werden. Insbesondere bei Unterfluranlagen übersteigen letztere in dem Modellbetrieb für 24 Pferde die Arbeitskosten erheblich. Bei größeren Stallanlagen ist mit einem niedrigeren Investitionsbedarf je Nutzungseinheit zu rechnen, so dass die relative Vorzüglichkeit von Entmistungsanlagen steigt. Nicht in Zahlen festgehalten werden konnte die Arbeitserleichterung durch die Mechanisierung.

Intelligente Landtechnik ...

clever farming



ISOBUS - die Schnittstelle zwischen Schlepper und Anbaugerät

- Komfort und Leistung der Extraklasse
- Direktsteuerung über das Terminal
- Fehlermeldungen werden angezeigt
- Exakte Datenerfassung
- Bedienungsfreundlich
- Qualität für die Zukunft



Nähere Informationen bei Ihrem Pöttinger-Partner oder unter:

PÖTTINGER
www.poettinger.at

Terra Dos T3 - Höchstleistung ohne Kompromisse



HOLMER - weltweit die Nr. 1! Der Terra Dos T3 die intelligente, leistungsstarke Technik für höchste Effizienz und Spitzen-Ergebnisse!

- maximale Bodenschonung durch spurversetztes Fahren und Terra-Bereifung
- extreme Wendigkeit durch Schwenkbereich von 60°
- minimaler Kraftstoffverbrauch
- 480 PS

Das HOLMER-Team wünscht Herrn Prof. Dr. Hermann Auernhammer für die Zukunft alles Gute!

www.holmer-maschinenbau.com

HOLMER
Erfolg aus Erfahrung

Die Studenten der Studienfakultät Agrar- und Gartenbauwissenschaften bedanken sich bei Prof. Auernhammer für mehr als zehn Jahre außerordentlich gute Zusammenarbeit

Das Fachgebiet Technik im Pflanzenbau sowie der Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, den Prof. Auernhammer kommissarisch leitete, stehen bei uns Studenten für ein hohes und anspruchsvolles Niveau in Forschung und Lehre.

In über zehn Jahren Lehrtätigkeit am Campus Weihenstephan hat Prof. Auernhammer viele Studentengenerationen für die Landtechnik begeistert. Dabei verstand er es, Praxis und Theorie auf hohem Niveau zu verknüpfen. Nicht umsonst schrieben viele unserer Kommilitoninnen und Kommilitonen Studienarbeiten am Fachgebiet und am Lehrstuhl.

Die Vorlesungen waren immer gut besucht und die Prüfungen galten als streng, aber fair. Besonders positiv können wir Studenten die Offenheit gegenüber neuen Ideen und Lösungsansätzen herausstellen. Prof. Auernhammer animierte uns immer, über den Tellerrand zu blicken und auch unkonventionelle Wege zu gehen.

Seit 2005 arbeiten die Studenten auch außerhalb der klassischen Vorlesungen mit dem Fachgebiet und Lehrstuhl zusammen. Die Messen EuroTier und Agritechnica in Hannover wurden seitdem gemeinsam geplant und durchgeführt. Hier konnten wir immer auf die tatkräftige Unter-

stützung des gesamten Teams von Prof. Auernhammer bauen, so dass die Messeauftritte und die gemeinsamen Stände stets sehr professionell durchgeführt werden konnten. Im Zuge der Einführung des neuen Bachelor-Studiengangs B.Sc. Landnutzung führte die Fachschaft Agrar- und Gartenbauwissenschaften eine gemeinsame Pressekonferenz auf der Messe durch.



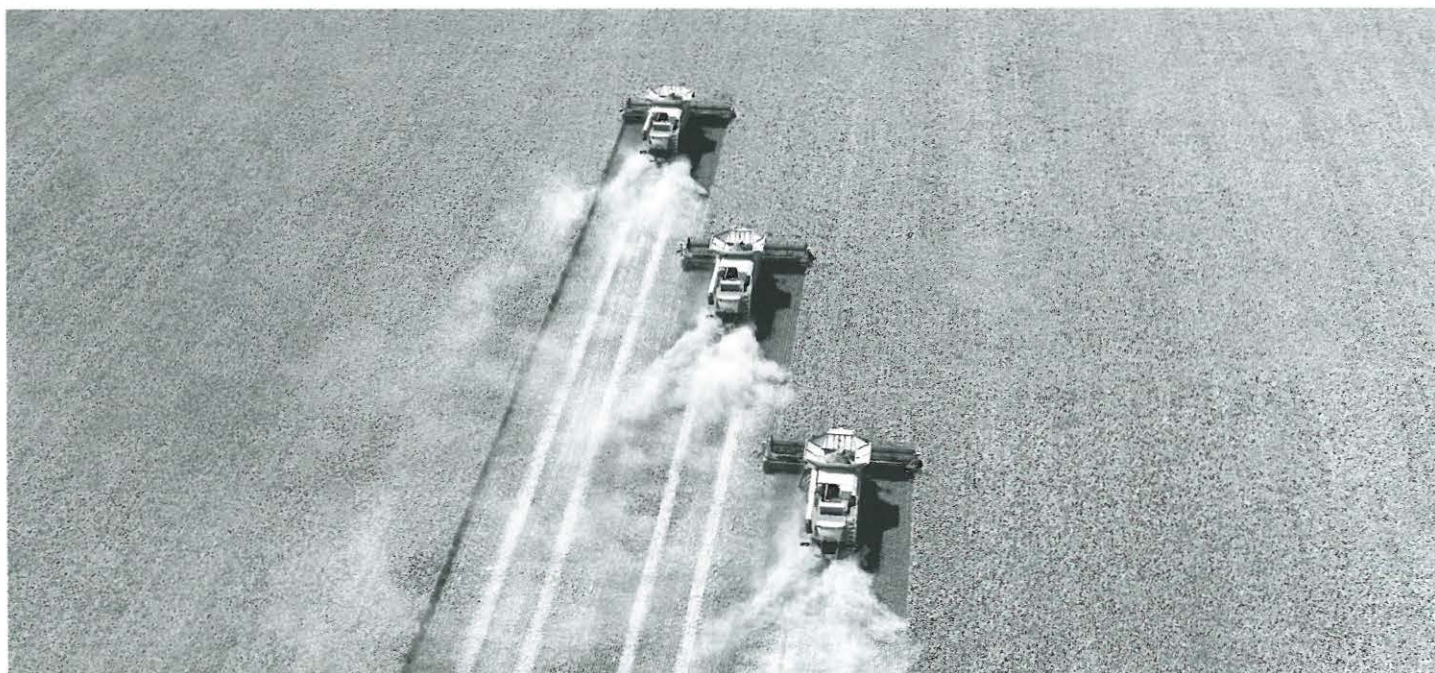
Die Fachschaftsvertretung möchte sich an dieser Stelle für die gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit herzlich bedanken und hofft, dass diese Tradition auch unter dem Nachfolger von Prof. Auernhammer fortgeführt wird.

Auch als die Idee eines Unternehmertags mit Jobmesse für das Jahr 2006 aufkam, unterstützte Prof. Auernhammer tatkräftig die Idee der Fachschaft.

Wir Studenten schätzen die Forschung und die Lehre von Prof. Auernhammer und hoffen, dass wir ihm auch nach seiner Emeritierung noch des Öfteren am Campus begegnen.

Die Studenten der Agrar- und Gartenbauwissenschaften und des B.Sc. Landnutzung wünschen Herrn Auernhammer alles Gute für seinen verdienten Ruhestand.

Die Studenten der Studienfakultät Agrar- und Gartenbauwissenschaften



Die Landwirtschaft braucht Pioniere.

Zum Beispiel Persönlichkeiten wie Prof. Auernhammer. Er hat durch seine Forschungen im Bereich des elektronischen, satellitengestützten Precision Farming mehr Präzision in die Landwirtschaft gebracht. Für seinen (Un)Ruhestand wünschen wir auch Prof. Auernhammer immer eine günstige Satellitenkonstellation.

Ihr Erntespezialist | claas.de

CLAAS

Landtechnische Bilder und Berichte von gestern für morgen

Vom analogen ins digitale Zeitalter

Mit dem „Personal Computer“ von IBM begann 1982 unwiderruflich für „jedermann“ der Übergang ins digitale Zeitalter. Innerhalb eines Vierteljahrhunderts veränderte sich das Aussehen der Hardware und deren Bedienung, Ein- und Ausgaben wurden grafisch aufgebaut und lassen sich schnell an die persönlichen Wünsche und Notwendigkeiten anpassen. Durch das Internet wurde der Rechner sogar zum Glied in einer vernetzten Welt. Letztendlich können schier unendliche Speicherkapazität auf vielfältigen Medien immer mehr und immer differenziertere Informationen aufnehmen und speichern. Aber ist für heute, morgen und übermorgen nur noch die neu entstehende Information von Bedeutung oder soll und muss nicht auch das bisher Erarbeitete für jedermann zu nutzen sein?

Die landtechnische Welt im Dia

Landtechnik lebt von und mit Bildern. Unschätzbar sind die Diabestände an den Instituten, Lehrstühlen, den Kammern und den Ämtern. Sie alle werden verloren gehen, wenn sie nicht in die digitale Welt überführt werden, denn irgendwann wird es die Wiedergabegeräte nicht mehr geben.

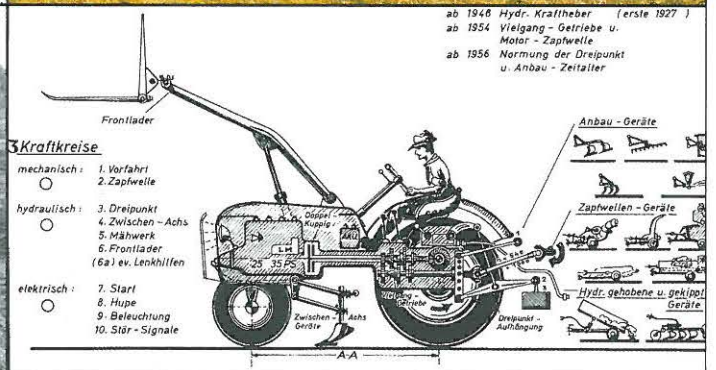
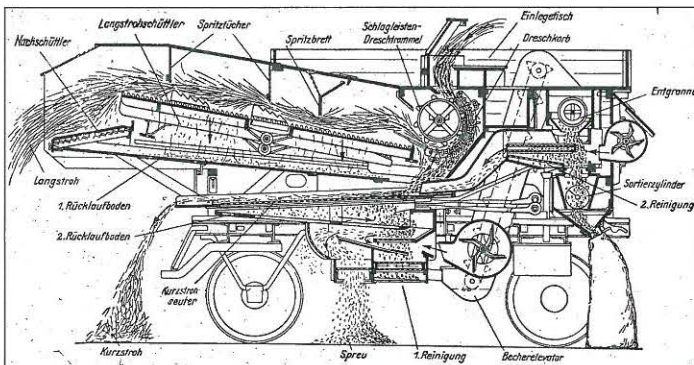
In einem DFG-Vorhaben wurde deshalb an der Universitätsbibliothek der TU-München „mediaTUM“ geschaffen. Ziel ist der freie Zugang zu Texten, Bildern und Metadaten und deren Pflege und garantierte Verfügbarkeit. Der Lehrstuhl für Landtechnik war von Beginn an Partner in diesem Projekt. Vor Ort wurde der gesamte Diabestand einschließlich der Dias aus dem ehemaligen Lehrstuhl für Landmaschinen in Garching (Prof. Renius) in hoher Auflösung gescannt. Die nahezu 50000 Bilder wurden dann in mediaTUM eingestellt. Gemeinsam mit den Bibliothekaren wurde ein Schlagwortkatalog gebildet und begonnen, die einzelnen Dias zu beschlagworten und den verschiedenen Bereichen der Land- und Forstwirtschaft zuzuordnen. Derzeit stehen die ersten 4000 Bilder für den Online-Zugriff unter <http://mediatum2.ub.tum.de/node?dir=11274&id=11274&unfold=11274> zur Verfügung.

Agrartechnische Forschungsberichte

Ähnlich verhält es sich mit den vielen landtechnischen Berichten und insbesondere den landtechnischen Dissertationen. Diese werden seit 1975 vornehmlich in der Schriftenreihe des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft im VDI veröffentlicht und im Eigenverlag vertrieben. Mit

derzeit mehr als 450 Forschungsberichten handelt es sich dabei um einen Wissensschatz von unschätzbarem Wert. Um auch dieses landtechnische Vermächtnis der breiten Öffentlichkeit in der künftigen digitalen Welt zur Verfügung zu stellen, wurde am Lehrstuhl für Landtechnik in Weihenstephan mit dem Arbeitskreis Forschung und Lehre (AKFL) neben einer Projektdatenbank auch eine Datenbank „Forschungsberichte Agrartechnik“ (<http://www.tec.wzw.tum.de/pflanztech/projekte/akfl/>) erarbeitet und mit allen bisherigen Forschungsberichten gefüllt. Derzeit wird daran gearbeitet, alle Originalarbeiten als Volltext im pdf-Format zur Verfügung zu stellen. Künftig wird das System direkt beim VDI angesiedelt werden, woraus sich jedoch für den Nutzer keine Änderungen ergeben werden.

Dank des unermüdlichen Einsatzes von Prof. Auernhammer konnte auf diese Weise bereits deutschlandweit sowohl ein wesentlicher Teil landtechnischer Vergangenheit als auch landtechnischen Wissens gesammelt, digital archiviert und zugleich für „jedermann“ zugänglich gemacht werden! Da diese Bestrebungen Prof. Auernhammer ganz besonders am Herzen liegen, darf die landtechnische Gemeinschaft sicherlich auch weiterhin mit seinem besonderen Engagement rechnen. m.e.



Diaarchiv Landtechnik Weihenstephan (um 1960)

**Veröffentlichungen
und Vorträge von
Prof. Dr. Dr. habil.
Hermann
Auernhammer**

Publikationen

Insgesamt	600
davon Alleinautor	285
mit Coautor	123
Coautor	201
davon	
wissenschaftl. ausgerichtet	439
praktisch ausgerichtet	130
Forschungsberichte	31
Buchbeiträge	9
Buchbesprechungen	1
davon deutsch	467
englische Sprache	135
franz. Sprache	3
andere Sprache	4
davon reviewed	48
eingeladen	64

Vorträge

Insgesamt	630
davon Alleinautor	454
mit Coautor	59
Coautor	117
davon	
wissenschaftl. ausgerichtet	479
praktisch ausgerichtet	151
davon deutsch	516
englische Sprache	114
davon reviewed	48
eingeladen	64

***Wir danken
den inserieren-
den Firmen, die
durch die Schal-
tung der Anzei-
gen die Gestal-
tung dieser
Sonderausgabe
ermöglicht
haben.***

**Dissertationen am
Fachgebiet Technik im Pflanzenbau /
Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik**

Demmel, M.

Analytische und modellhafte Ableitung der Anforderungen an Schlepperkonzepte für Pflege- und Verteilarbeiten. Dissertation, Technische Universität München, 1997, Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG Nr. 309

Wild, K.

Satellitengestützte Arbeitszeiterfassung und Ertragsermittlung in Rundballenpressen. Dissertation, Technische Universität München, 1998, Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG Nr. 325

Spieß, Barbara

Arbeitswirtschaftliche Simulation der Feldarbeiten auf Wochenbasis unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Verhältnisse. Dissertation, Technische Universität München, 1999, Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG Nr. 342

Schwenke, T.

Experimentelle Untersuchungen von Koppelortungssystemen für GPS auf der Basis von Mikrowellensensoren im landwirtschaftlichen Einsatz. Dissertation, Technische Universität München, 2001, Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG Nr. 371

Maul, H.

Untersuchungen an einem Steuerprogramm für Hackgeräte im Maisanbau auf der Basis eines optoelektronischen Systems. Dissertation, Technische Universität München, 2001, Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG Nr. 376

Kormann, G.

Untersuchungen zur Integration kontinuierlich arbeitender Feuchtemesssysteme in ausgewählten Futtererntemaschinen. Dissertation, Technische Universität München, 2001, Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG Nr. 378

Steinmayr, T.

Fehleranalyse und Fehlerkorrektur bei der lokalen Ertragsermittlung im Mähdrescher zur Ableitung eines standardisierten Algorithmus für die Ertragskartierung. Dissertation, Technische Universität München, 2002, Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG Nr. 406

Brummer, S.

Untersuchungen zur Reduzierung des gegenseitigen Besaugens bei Kälbern in Gruppenhaltung mit Tränkeabruftautomaten. Dissertation, Technische Universität München, 2004

Noack, P.O.

Entwicklung fahrspurbasierter Algorithmen zur Korrektur von Ertragsdaten im Precision Farming. Dissertation, Technische Universität München, 2006

Rothmund, M.

Technische Umsetzung einer Gewannebewirtschaftung als „Virtuelle Flurbereinigung“ mit ihren ökonomischen und ökologischen Potentialen. Dissertation, Technische Universität München, 2006, Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG Nr. 441

Böhm, T.

Verfahren zur Bestimmung physikalischer Qualitätsmerkmale und des Wassergehaltes biogener Festbrennstoffe. Dissertation, Technische Universität München, 2006

Höldrich, A.

Bewertung von Scheitholzproduktionsverfahren unter arbeitswissenschaftlichen energetischen und ökonomischen Aspekten. Dissertation, Technische Universität München, 2007

FRITZMEIER
Umwelttechnik

Präzise Düngen
und Kosten sparen

**Das MiniVeg N –
Lasersystem**



- kombinierter Einsatz von modernster Sensorelektronik und Lasertechnologie
- Onlinebestimmung des N-Gehalts und der Biomasse
- unabhängig von Tages-, Jahreszeit und Witterung
- direktes Ansteuern des Düngerstreuers

**Bodenprobengeräte
für Profis**

- vollautomatisch
- von 10 – 90 cm Tiefe
- umgehende Untersuchungsergebnisse durch Kombination mit den Fritzmeier Laborsystemen



Fritzmeier Systems GmbH & Co. KG
Dorfstrasse 7
D-85653 Großhelfendorf

Telefon: +49(0)8095/87339-412
Fax: +49(0)8095/87339-472
e-mail: umwelt@fritzmeier.de
Internet: www.fritzmeier.de

■ Gallmeier, Michael

Alternative Module Drives for Mobile Working Machines

Landtechnik 62 (2007), SH, pp. 266 - 267, 3 figures, 4 references

With increasing fuel prices consumer demands for optimized use of operating inputs grows stronger. A direct approach is to increase the efficiency factors of power trains. Based on positive experiences, electric drives have found increasing application in stationary drives [1]. For mobile agricultural application it is necessary to consider different, much more diversified application spectra, and the suitability of an electric drive must be assessed with other criteria.

■ Geischeder, Rupert; Brandhuber, Robert; Demmel, Markus

Effects on Soil Structure caused by Various Undercarriages with the Same Contact Area Pressure

Landtechnik 62 (2007), SH, pp. 268 - 269, 3 figures, 2 tables, 6 references

The trend towards more efficient farm machinery often means growing vehicle mass. Wheel loads have increased in recent years, especially in self-propelled harvesters. The agricultural machinery industry is responding to this by developing new running gear technologies and undercarriage concepts. Modern radial-tyres, high volume wide tyres, rubber belts and axles running offsets distribute high wheel loads on farmland and reduce the risk of subsoil compaction.

■ Demmel, Markus

Mass Flow and Yield Measurements in Harvesting Machines State of the Art

Landtechnik 62 (2007), SH, pp. 270 - 271, 3 figures, 33 references

High performance machines are mostly utilized in multi-farm machinery cooperatives for harvesting agricultural crops nowadays. In addition to work execution, information about yield variations within the fields is extracted from farm management in many cases, too. With mass flow and yield measurement equipment integrated into harvesting machines, local yields can be recorded and information about local yields and field heterogeneity registered automatically through a local positioning system. Documenting yield conditions is a first step towards precision farming.

■ Schwenke, Tiemo

Three Decades of Mass Flow Rate and Quality Measurement of Crop Materials in Forage Harvesters

Landtechnik 62 (2007), SH, pp. 272 - 274, 1 figure, 1 table, 4 references

The developments for measuring mass flow, as well as determining the features and ingredients of crop material in forage harvesters (Fig. 1), are illustrated using selected patent applications. Descriptions of the case applications for these inventions are presented. The publications cited, as well as information about the state of the art or of the patent family, are available under [3, 4]. Papers with DE are valid for Germany. For EP and for WO papers, Germany is named as the contracting country (DE).

■ Wild, Karl; Kormann, Georg

Development of a Near Infrared Sensor for Agricultural Machines

Landtechnik 62 (2007), SH, pp. 276 - 277, 3 figures, 1 table, 7 references

Based on common Near Infrared Spectroscopy (NIRS) systems for lab use, a sensor was developed, which can be employed in agricultural machines and for process control. First, basic lab tests were carried out to determine the suitability of several detectors for scanning constituents in organic materials. Next, various crops were calibrated and validated. Simultaneously various chemometrical methods could be investigated.

■ Nacke, Eberhard

A Simulation Model to Analyse Operation and Capacity Parameters of Harvesters

Landtechnik 62 (2007), SH, pp. 278 - 279, 3 figures, 20 references

Further cost reduction by increasing the machine capacity of the combine harvesting process will require ever increasing efforts for further cost reduction. On farm monitored field efficiency factors between 50 to 65 % indicate the potential of numerous other parameters to optimize the general economics of harvesting. Using a model on economic efficiency, a great number of input variables can be examined regarding their effect on economic relevance. The simulation model of the process chain "combine harvesting" reveals problems and potentials for an optimal coordination of the process elements.

■ Steinberger, Georg

Integrating Automated Process Data Acquisition in Agricultural Information Flows

Landtechnik 62 (2007), SH, pp. 280 - 282, 2 figures, 6 references

Information is increasingly becoming a valuable resource, not only for „information driven plant production“ in precision farming, but also for the daily management of business and documentation tasks in farm work. The process data gathered during "machined" farming processes are of importance, too. Preliminary systems for process data acquisition are already available on the market. Research work for data acquisition systems [1] and analysis [3] started in 1999 and is being continued in the joint research project pre agro. Based on an architectural concept for data exchange in agriculture, various solutions are being developed to integrate the information originating from automated process data acquisition.

■ Noack, Patrick Ole

Standards for Electronic Data Exchange in Agricultural Applications

Landtechnik 62 (2007), SH, pp. 283 - 285, 8 references

Mechanical and electronic compatibility between tractors and implements is taken for granted by farmers purchasing new machinery. Modern agriculture and its approach to optimise farming processes by means of electronic devices also requires electronic compatibility between tractors, implements and the software installed in the farmer's PC. It is hard to answer the question on why working with electronic data is still so difficult, 15 years after initial standardisation approaches began. Partially the answer could be that standardisation is a tedious process, but it also seems that manufacturers only have a slight interest in implementing these norms.

■ Ehrl, Markus

Steer-by-Wire via ISOBUS

Landtechnik 62 (2007), SH, pp. 286 - 287, 3 figures, 6 references

Satellite based navigation technology is a very challenging approach for the future automation of agricultural machinery. Integrating this technology into the mechanical, hydraulic and especially the electronic architecture of a machine is a safety-critical issue. Using the standardized electronic ISOBUS communication offers a broad range of advantages in modern tractors. Therefore, the capabilities of ISOBUS to be used for X-by-Wire applications are investigated from various viewpoints. Especially important properties of safe X-by-Wire applications like fault tolerance, real-time performance, dependability and others were focused on and assessed. Through an exemplary implementation of Steer-by-Wire architecture using ISOBUS, the theoretical considerations were realized and tested with very promising results.

■ Ostermeier, Ralph; Auernhammer, Hermann

Real-time Process Control for a Sensor Based Fertilizer Application System based on Multi-sensor Data Fusion

Landtechnik 62 (2007), SH, pp. 288 - 289, 1 figure, 6 references

Within the DFG project "Integrated System Precision Farming Duernast (IKB Duernast)" the real-time sensor-approach with map overlay for intensive nitrogen fertilizer application was investigated in detail and

simulated in a laboratory environment. The main focus was to compile data from different information sources and from sensors in real-time operation, to ensure an integrated specification and development process for an efficient and goal-oriented implementation. Distributed electronic systems were purposefully used, which will be available with standardized Agricultural Bus-Systems (ISO 11783, DIN 9684) in the future.

■ Rothmund, Matthias

Integration of Business and Process Information into Agricultural Production Systems

Landtechnik 62 (2007), SH, pp. 290 - 291, 1 figure, 4 references

Currently under development are the ISO-Standard 11783 (part 10) for data transfer between management and machines for agricultural data interchange, the ISOagriNET (planned as ISO 17532) for communication between facilities and management, and agroXML for data interchange in business processes. Although all formats are based on the data interchange language XML, they are differently structured and their contents are not sufficiently coordinated. Introducing a Web Service Architecture would allow keeping the necessary specifications for different applications, without restricting the compatibility for data interchange, as well as allowing the use of specialized data services.

■ Spangler, Achim

Modelling Work Teams as a Network of Autonomous Agents

Landtechnik 62 (2007), SH, pp. 292 - 293, 2 figures, 14 references

The requirements on modern production planning systems (PPS) and mobile work teams can easily be compared to the general features of decentralized, complex systems. In both cases the historically possible solutions have comparable shortcomings, which at least in the case of PPS could be solved in initial specified user scenarios through modelling a network of autonomous agents. Therefore, it makes sense to design each implement in mobile work teams by an agent and let them communicate per ISOBUS.

■ Spreng, Viktoria

Early Illness Detection in a Networked Calf Rearing System

Landtechnik 62 (2007), SH, pp. 294 - 295, 3 figures, 1 table, 5 references

The technical feasibility of an integrated networking of a computer-controlled feeding and monitoring system for calf rearing was tested. Using one calf as an example, the results of feed and water intake, activity and drinking behaviour are presented in relation to age and health status. Thereby, relationships between different parameters for detecting

illness at an early stage were confirmed statistically. The aim of the investigation was to evaluate and optimize existing technological potential in terms of improved feeding and health management.

■ Braunreiter, Christine; Lorenz, Martin; Haidn, Bernhard; Eckl, Josef

A Circular Farrowing Crate which makes it Possible to Confine Sows during the First Postpartum Days

Landtechnik 62 (2007), SH, pp. 296 - 297, 3 figures, 5 references

Circular crates in the farrowing compartment promise positive effects on the well-being of farrowing sows. Crushed piglet losses are significantly higher in locomotion crates than in conventional rectangular crates. Investigations with a circular crate showed that crushed piglet losses were only observed during the first 48 hours postpartum [2]. To avoid these crushing losses, in a following trial the sows were confined during these 48 hours and afterwards released again. The positive effects of this locomotion crate should be exploited and piglet losses reduced.

■ Wendl, Georg; Thurner, Stefan; Fröhlich, Georg; Böck, Stephan; Weinfurter, Robert

Devices to Individually and Automatically Record the Performance and Behaviour Parameters of Laying Hens in Group Housing Systems

Landtechnik 62 (2007), SH, pp. 298 - 299, 3 figures, 10 references

To automatically record the ranging and laying behaviour, as well as the laying performance, an electronic pop hole and an electronic laying nest box were developed and evaluated. Both systems make it possible to gather data exactly from each individual animal over longer periods of time with low labour input. Through this, data on various behaviour and performance parameters during the whole laying time has become available for the first time. It can be used to optimise group housing systems and to breed hybrids, which are better adapted for group housing systems.

■ Haidn, Bernhard; Jank, Wolfgang

Working Time Requirements and Costs for Manure Removal Technologies in Box Stalls for Boarding Horses

Landtechnik 62 (2007), SH, pp. 300 - 302, 2 tables, 6 references

Removing manure from box stalls for horses makes up a high proportion of the total working time requirements. Therefore, increasingly with a growing number of horses, stationary manure removal facilities are being installed. In this study, various solutions for mechanizing manure removal were compared on their working time and procedural costs.

BASIC-Terminal TOP / COMFORT-Terminal

für alle ISOBUS-Maschinen



Maschinensteuerung z.B. Feldspritze mit automatischer Gestängesteuerung, spurgetreuem Nachlauf und VarioSelect-Funktion

NEU Precision Farming/Dokumentation

NEU Automatische Teilbreitenschaltung

NEU GPS-Parallelfahrssystem und automatische Lenkung

Für alle bisher gelieferten BASIC-Terminal TOP nachrüstbar!



NEU COMFORT-Terminal
großes 10,4" TFT Farbdisplay
mit hervorragender Ablesbarkeit



... wir regeln das!

Müller-Elektronik GmbH & Co. KG · Tel. 0 52 58 98 34 - 0 · Fax 0 52 58 98 34 - 90 · info@mueller-elektronik.de · www.mueller-elektronik.de

Mit der Technik von morgen –
schon heute weit voraus

50.000
VARIO



Egal ob Sie Ihren Traktor für den Einsatz im Grünland, im Ackerbau, zum Transport oder für Sondereinsätze benötigen, mit der Vario-Antriebstechnologie von Fendt holen Sie sich auf jeden Fall den entscheidenden Vorsprung. Fendt Vario ist der Schlüssel für eine exzellente Bedienung und höchst wirtschaftlichen Einsatz bei allen Arbeiten. 50.000 Fendt-Varios leisten mittlerweile weltweit bei unterschiedlichsten Einsatzbedingungen beste Dienste – ein Vorsprung an Erfahrung, den Ihnen nur Fendt bieten kann.

**Wir senden
Herrn Professor Auernhammer
anlässlich seiner Emeritierung unsere
besten Wünsche und bedanken uns
für die gute Zusammenarbeit.**

Wer Fendt fährt führt

FENDT



AGCO GmbH • Fendt-Marketing • 87616 Marktoberdorf • Telefax 08342 / 77684 • www.fendt.com