

Automatisierung und Roboter in der Landwirtschaft

KTBL-Tagung vom
21. bis 22. April 2010
in Erfurt



Projektbetreuung

Dr. Martin Kunisch
Dipl.-Ing. agr. Anne-Katrin Steinmetz
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt

© 2010
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt
Telefon +49 (0) 6151 7001-0 | Fax +49 (0) 6151 7001-123
E-Mail: ktbl@ktbl.de | <http://www.ktbl.de>

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Texten und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung des KTBL urheberrechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Redaktion

Claudia Molnar, Monika Pikart-Müller | KTBL

Titelfoto

Fachhochschule Osnabrück

Vertrieb

KTBL | Darmstadt

Druck

Druckerei Lokay | Reinheim

ISBN 978-3-941583-36-8

Printed in Germany

Vorwort

Arbeitsintensive Prozesse werden in der Landwirtschaft zunehmend automatisiert. Allerdings waren praxistaugliche Lösungen bisher auf Einzelfälle beschränkt. Erst in den letzten Jahren haben die Fortschritte in der Informationstechnik zu einer Vielfalt an Lösungen geführt, die nunmehr praxisreif sind oder kurz vor der Markteinführung stehen. Die konsequente Fortsetzung des Automatisierungsgedankens ist der Einsatz von Robotern. Hier sind die Entwicklungen nicht so weit, aber mindestens so mannigfaltig und interessant wie bei der Automatisierung. In vielen Bereichen der Landwirtschaft werden die Automatisierung und der Einsatz von Robotern zu einem gewaltigen technischen Umbruch führen. Parallelfahrssysteme im Ackerbau und automatische Melksysteme in der Tierhaltung zeigen, dass moderne Technik zügig Eingang in die landwirtschaftlichen Unternehmen findet, wenn deren Nutzen durch Zeiteinsparung oder Verbesserung der Arbeit und/oder der Wirtschaftlichkeit offensichtlich ist. Sicher sind hier noch Entwicklungen zu erwarten, an die heute noch gar nicht gedacht ist.

Das KTBL hat sich des Themas angenommen, um den Stand der Entwicklung darzustellen und um eine Vorstellung zu vermitteln, mit welchen innovativen Anwendungen in den nächsten Jahren zu rechnen ist.

In diesem Tagungsband werden ausgehend vom Stand der Technik mittel- und langfristig umsetzbare Zukunftstechnologien vorgestellt und deren betriebliche und gesellschaftliche Konsequenzen erörtert. Ein Blick in andere Branchen mag zu neuen Anregungen führen. Die Beiträge bieten einen wissenschaftlich fundierten und praxisorientierten Überblick über den Stand der Technik sowie über die Perspektiven der Automatisierung und Roboter in der Landwirtschaft.

Ich danke allen Referenten und Mitarbeitern in der Geschäftsstelle, die zum Gelingen der KTBL-Tage 2010 und des Tagungsbandes beigetragen haben.

Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)

PROF. DR. T. JUNGBLUTH
Präsident

Inhalt

Robotik für die Landwirtschaft: Einsatzmöglichkeiten und Folgen für Mensch und Umwelt CHRISTINE RÖSCH, MICHAEL DECKER.....	7
Motive der Automatisierung und des Robotereinsatzes in der Landwirtschaft ENNO BAHRs	17
Automatisierung in der Außenwirtschaft HANS W. GRIEPENTROG	25
Roboter und Automatisierung für das Maschinenmanagement STEFAN BÖTTINGER	34
Sensorik und Automatisierung in der Milchviehhaltung JAN HARMS, GEORG WENDL.....	40
Quo vadis Technik und Management in der Schweinehaltung? EBERHARD HARTUNG	53
Grundlagen und Lösungen für die Mensch-Maschine-Interaktion THOMAS MAIER UND MARKUS SCHMID.....	61
Mobile Roboter in der Landwirtschaft – Perspektiven und Grenzen THOMAS VÖGELE.....	72
Schnelle und effiziente Identifizierung pathogener Keime ROBERT MÖLLER, PETRA RÖSCH, JÜRGEN POPP.....	80
iGreen: Organisationsübergreifendes Wissensmanagement in öffentlich-privater Kooperation ANSGAR BERNARDI.....	91
Perspektiven für Farmmanagement-Informationssysteme HARTWIG KÜBLER.....	100
Automatisierungsbeispiel: Bildgebende Systeme im Feldhäcksler ALEXANDER KIRCHBECK, DIRK LAHMANN.....	110
Intelligente Konzepte für die Milchviehhaltung – Sensoren innerhalb und außerhalb des Tieres KEES LOKHORST, BART SCHANSSEMA, FRANS ETTEMA	117

Flexible Maschine-zu-Maschine-Kommunikation

THOMAS ENGEL, RALPH OSTERMEIER, CHRISTIAN BARTOLEIN, GEORG KORMANN,
CHRISTIAN RUSCH..... 127

Virtuelle Kopplung von Fahrzeugen: Elektronische Deichsel für
landwirtschaftliche Arbeitsmaschinen

PATRICK OLE NOACK, MARCUS GEIMER, MARKUS EHRL, LUDWIG GRANDL 138

Autonome Feldroboter

ARNO RUCKELSHAUSEN 146

Konsequenzen einer fortschreitenden Automatisierung
der Landwirtschaft für Betrieb und Betriebsleiter

REINER DOLUSCHITZ..... 156

Anschriften der Autoren..... 169

KTBL-Veröffentlichungen..... 171

aid-Veröffentlichungen..... 175

Roboter und Automatisierung für das Maschinenmanagement

STEFAN BÖTTINGER

1 Einleitung

Für den wirtschaftlichen Einsatz von Maschinen in der Landwirtschaft ist ein umfassendes Maschinenmanagement notwendig. Es basiert auf einer effizienten Instandhaltung, führt über den operativen Maschineneinsatz zur Analyse der wirtschaftlichen und technischen Kennzahlen. Ziel dieser Maßnahmen ist die Verringerung von Stillstandszeiten, die Steigerung der Maschinenleistungen und die Erhöhung der Betriebszeiten.

Im Einzelnen kann ein Maschinenmanagement untergliedert werden in die Bestandteile

- Einsatzplanung und Überwachung
- Kooperation von Maschinen
- Diagnose und Wartung

Meistens werden die hierfür notwendigen Arbeiten durch Menschen ausgeführt. Mit Hilfsmitteln auf Papier- oder auf Softwarebasis können viele dieser Arbeiten besser geplant, durchgeführt und dokumentiert werden. Einige dieser Arbeiten lassen sich durch Automatisierung und manche zukünftig auch durch autonome Maschinen durchführen.

2 Einsatzplanung und -überwachung

Durch die Einsatzplanung werden die verfügbaren Ressourcen an Maschinen, Geräten und Bedienern den Aufgaben zugeordnet. Für eine Automatisierung der Einsatzplanung und -überwachung müssen entsprechende Daten verfügbar sein. Die Aufgaben selbst beinhalten neben der gewünschten Bearbeitungszeit, Feldgröße, Art der Arbeit, Mengenangaben wie erwartete Erntemengen oder auszubringende Düngermengen auch die Koordinaten des Einsatzortes. Für die Routenplanung von und zu dem Einsatz können beispielsweise Ortsdurchfahrten in der Planung automatisch minimiert werden (Abb. 1).

Weitergehende Informationen zu dem Einsatzort können die Lage der Feldzufahrt, die Schlagkontur und eventuelle Vorgaben zur Bearbeitung sein. Für automatische Lenksysteme werden zukünftig optimierte Leitlinien in Abhängigkeit der Maschinen- und Gerätekombination und der Schlagform zur Reduktion der Einsatzzeiten vorgegeben (Abb. 2) (STOLL 2006, BOCHTIS und VOUGIOUKAS 2008).

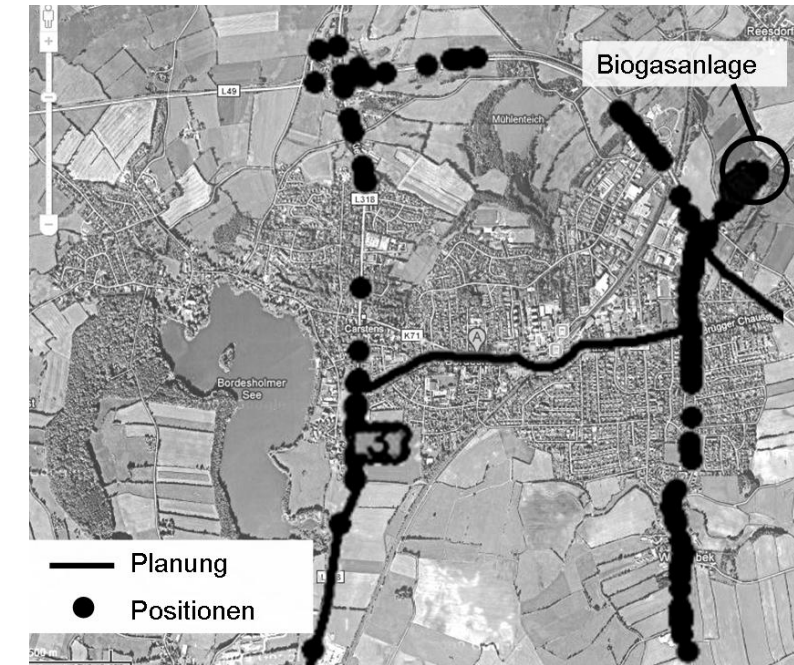


Abb. 1: Berechnete und tatsächliche Routen für eine Biomasse-Logistikkette (KLÜBER 2008)

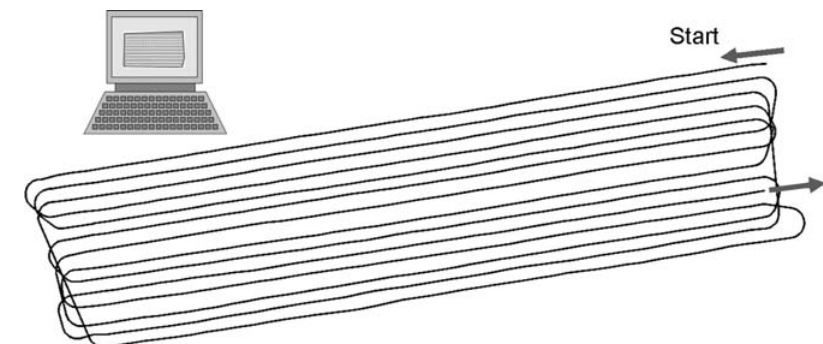


Abb. 2: Automatisch geplanter Leitlinienverlauf (STOLL 2006)

Zur Dokumentation des Maschineneinsatzes werden kontinuierlich Position, Uhrzeit und die für die Art der Arbeit relevanten Maschinenzustandsdaten aufgezeichnet. Die beispielsweise in Abbildung 1 dargestellte Dokumentation der tatsächlich gefahrenen Routen können verwendet werden für den Nachweis, dass die Belastung der Bevölkerung durch Vermeidung von Ortsdurchfahrten weitestgehend reduziert wurde.

Vergleichbare Auswertungen können aus den aufgezeichneten Daten bei der Feldbearbeitung durchgeführt werden. So können mit existierender Software bei einer Ertragskartierung mit dem Mähdrescher automatisch die Stillstandszeiten für die Maschinen auf dem Feld positionsgenau ermittelt werden. Die tiefer gehende Analyse dieser Auswertungen muss bis auf Weiteres durch den Mensch erfolgen, da er eher alle relevanten Parameter und ihre Beziehungen für eine Urteilsbildung heranziehen kann.

3 Kooperation von Maschinen

Die Automatisierung von Funktionen in Maschinen hat mit Einführung der Elektronik stark zugenommen und ist zum festen Bestandteil moderner Landmaschinen geworden. Ohne ihre Unterstützung könnte oft das Potenzial der Maschinen nur unzureichend ausgenutzt werden. Ein gutes Beispiel sind die automatischen Lenksysteme zur Fahrerentlastung und zur Vermeidung von Applikationsfehlern. Seit Ende der 1970er-Jahre sind Lenksysteme mit mechanischen Sensoren für Pflanzenreihen bekannt. Mit der Verfügbarkeit von elektronischen Sensoren wie Laserscanner und hochgenaues GPS finden Lenksysteme nun breite Anwendung bei Traktoren und vielen Landmaschinen.

Die Automatisierung von kompletten Maschinen ist ebenfalls bereits mit mechanischen Komponenten realisiert, aber aus Sicherheitsgründen nicht im Markt eingeführt. Beispielsweise wurde von der Firma Eicher 1994 mit dem „Agri-Robot“ ein autonomer, motorisierter Kippflug vorgestellt (Abb. 3). Spezialmaschinen können eher als ein universell einsetzbarer Standardtraktor zu Robotern weiterentwickelt werden. Die nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem technischem Aufwand lösbaren Sicherheitsaspekte beim Betrieb autonomer Maschinen im nicht abgesperrten Gelände verhindern bis heute die Einführung derartiger Roboter.



Abb. 3: Autonome Landmaschinen: Wendepflug Eicher AgriRobot von 1964 (links) und Folgesteuerung bei Reismähdrescher (rechts) (FieldRobot Event, Umeda 2010)

Eine Möglichkeit zur Lösung der Sicherheitsfragen ist die Überwachung eines oder mehrerer Roboter durch einen am Einsatzort befindlichen Menschen. Über einen ferngesteuerten Notaus könnte die zu überwachende Maschine stillgesetzt werden. Für komplexere Arbeitsmaschinen wie beispielsweise Mähdrescher, bei denen in Abhängigkeit der Erntebedingungen die Einstellung der Arbeitselemente erfolgt, bietet sich das Master-Slave- oder Folgesteuerungsverfahren an. Der Bediener der Hauptmaschine überwacht gleichzeitig die autonom folgende Nebenmaschine. Diese orientiert sich bezüglich Fahrspur und Maschineneinstellung an der vorherfahrenden Maschine (Abb. 3).

Auf einem Feld sind häufig mehrere miteinander kooperierende Maschinen tätig. Mähdrescher müssen absätzig, selbstfahrende Feldhäcksler kontinuierlich mit Überlade- und Transportfahrzeugen zusammenarbeiten. Für die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen oder vollständigen Automatisierungen werden die Kooperationen in die Funktionen Annäherung, Andocken, paralleles Fahren, Steuerung von Maschinenfunktionen und Abdocken unterteilt. Bei Bedarf muss sich ein Überladefahrzeug mit Anhänger der Erntemaschine nähern, um dann zu einer Parallelfahrt zuerst an die Steuerung der Hauptmaschine anzudocken. Während der Parallelfahrt folgt das Transportfahrzeug den Lenk- und Geschwindigkeitsvorgaben der Hauptmaschine. Diese überwacht den Überladevorgang, steuert beim Feldhäcksler den Krümmer für ein verlustfreies Überladen und für eine optimale Ausnutzung der Transportkapazität. Nach Beendigung des Überladevorgangs erfolgt eine kontrollierte Übergabe der Steuerungshoheit zurück an das Überladefahrzeug.

Verschiedene der aufgeführten Funktionen befinden sich aktuell in unterschiedlichen Phasen der Forschung und Entwicklung. Noch ist keine standardisierte Datenübertragung zwischen kooperativen Maschinen und keine offene Schnittstelle zum Fahrzeugbus verfügbar, weshalb bei Forschungsarbeiten zur Kooperation originäre Lösungen realisiert werden müssen. Das Annähern sowie das An- und Abdocken erfolgt noch konventionell in der Verantwortung des Bedieners des Überladefahrzeugs. Zur Parallelfahrt werden bisher Lösungen mit optischen und akustischen Hinweisen erforscht (WELTZIEN et al. 2005). Für die Steuerung des Überladekrümmers beim Feldhäcksler sind auf der Agritechnica 2009 Lösungen von Claas und von New Holland auf Basis von 3-D-Bildverarbeitung und von 3-D-Laserscannern vorgestellt worden.

Bei Maschinenketten werden beispielsweise Maschinen und Geräte mit Saatgut, Dünger und Pflanzenschutzmitteln versorgt. Bei der Ernte muss der Abtransport des Erntegutes zur Einlagerung oder zur Weiterverarbeitung erfolgen. Die Abstimmung der einzelnen Glieder von Maschinenketten und deren Steuerung wird im Allgemeinen von in der Disposition erfahrenen Personen durchgeführt. Zur Unterstützung bei diesen Prozessen sind erste Lösungen verfügbar. In Kombination mit automatischer Datenübertragung und Arbeitszustanderkennung der Maschinen wird zukünftig eine Automatisierung dieser Prozesse und damit eine verbesserte Auslastung der Maschinen möglich sein.

8 Automatisierung der Fütterung

Hauptziel bei der Fütterung ist die Gewährleistung einer effizienten, leistungs- und wiederkäuergerechten Nährstoffversorgung. Um dies zu erreichen, sollte die Ration den Bedürfnissen des Einzeltiers möglichst nahe kommen. Hierzu sind meist mehrere Futterrationen bzw. eine Ergänzung über Kraftfutter sowie eine häufige Vorlage des Futters anzustreben. Aus wirtschaftlicher Sicht sind niedrige Maschinen- und/oder Arbeitskosten sowie eine hohe Flexibilität der Arbeit anzustreben.

Die aufgeführten Punkte können mit konventionellen Fütterungssystemen insbesondere bei kleinen und mittleren Herden nur teilweise umgesetzt werden: das Anmischen mehrerer Rationen, eine häufigere Futtervorlage und das Futternachschieben führen zu einer erhöhten Arbeitsbelastung, höheren Kosten und einer geringeren Flexibilität der Arbeit.

Anders stellt sich dies bei automatischen Fütterungssystemen dar. Hier sind die Futtervorlage und auch das Mischen der Ration(en) nicht an die Arbeitszeiten des Menschen gebunden, sodass sich theoretisch beliebig viele Fütterungszeitpunkte und -rationen bilden lassen.

9 Verfahren zur Automatisierung der Grundfutterfütterung

Die automatisierte Grundfutterfütterung lässt sich in verschiedene Verfahren unterteilen. Generell ist zunächst zwischen einer Gruppen- und einer Einzeltier-bezogenen Fütterung zu unterscheiden (Abb. 3).

Die einzeltierbezogene Fütterung existiert bisher nur als Prototyp. Hierbei ersetzt die Grundfutterabrufstation den Futtertisch, was eine grundlegend neue Stallplanung bedingt. Jeder Fressplatz ist mit einer Tieridentifizierung ausgestattet. Auf diese Weise kann dem Einzeltier sowohl eine individuelle Futterration bei jedem Besuch zugeteilt werden, als auch der individuelle Futterverzehr erfasst werden.

Bei der gruppenbezogenen Fütterung lassen sich mobile und stationäre Systeme unterscheiden. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Anlagen besteht in der Bevor-

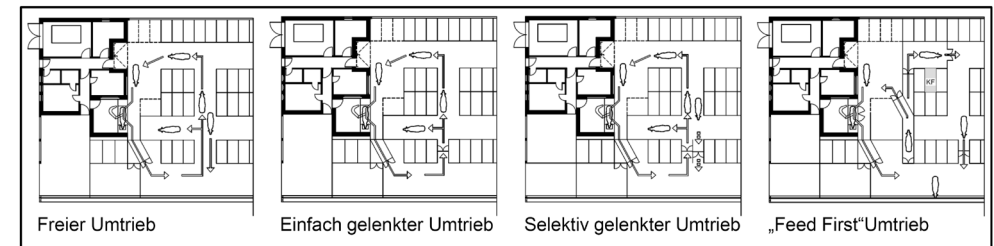


Abb. 3: Verfahren zur automatischen Fütterung

ratung des Futters. Wird dieses im Mischer bevvorratet, so ist entweder für jede Ration ein Mischer notwendig oder die Rationen müssen nacheinander befüllt werden, was entweder die Häufigkeit der Futtervorlage, die zeitliche Flexibilität oder die Anzahl der verschiedenen Rationen einschränkt. Bei der Bevorratung in Dosierern (als Block oder locker) treten diese Einschränkungen nicht auf.

Die Mischung des Futters kann entweder stationär oder mobil erfolgen. Bei einem stationären Mischer sind Mischen und Verteilen entkoppelt, was Vorteile bei der Kapazität des Systems bringt. Unterschiede bei der Mischung des Futters bestehen neben dem verwendeten Mischsystem (Horizontal-, Vertikal-, Freifall-Mischer) auch in der Exaktheit der Dosierung und in der Möglichkeit verschiedene Futtermittel zu verarbeiten.

Das Ausbringen des Futters erfolgt entweder durch ein Futterband, einen schienengeführten Verteil- bzw. Mischwagen oder einen Selbstfahrer. Für den Antrieb sind Elektromotoren üblich, die über Schleppkabel, Stromschienen oder Batterien mit Strom versorgt werden. Optional sind bei einigen Herstellern auch Dieselmotoren erhältlich. Gerade die Energieversorgung bestimmt neben der möglichen Reichweite und Flexibilität in hohem Maße die baulichen Anforderungen der Anlagen.

Die wesentlichen Vorteile der automatischen Fütterung gegenüber der Fütterung mit dem Futtermischwagen sind:

- Mehrmalige und gezielte Fütterung (mehrere Rationen) ohne zusätzlichen Arbeitsaufwand möglich
- Einsparung der Arbeitszeit für Mischen, Futterverteilung und Nachräumen (pro Tier ca. 2 AKh/a nach Arbeitszeitdaten von SCHICK 2006)
- Möglichkeit, die tägliche Arbeit von „Laien“ durchführen zu lassen, da das Mischen durch die Anlage erfolgt
- Reduzierung der Baukosten durch geringere Futtertischbreite möglich, allerdings Überdachung für Futtervorratsbehälter notwendig
- Reduzierung der bisherigen Mechanisierungskosten (nur ein Schlepper, weniger Schlepperstunden und kein Futtermischwagen)