Potentiale der automatischen Datenerfassung im landwirtschaftlichen Betrieb

Potentials of Automatic Data Acquisition in Agricultural Enterprises

Prof. Dr. **H. Auernhammer**, TU München, Freising-Weihenstephan

Zusammenfassung

Dem landwirtschaftlichen Unternehmen fehlten in der Vergangenheit oft ausreichende und zuverlässige Informationen. Mit der Integration der Elektronik in die Landtechnik wird nun die automatische Datenerfassung möglich. Sensoren liefern vielfältige Informationen „quasi kostenfrei". Mit GPS können diese zeitlich und örtlich unverwechselbar zugeordnet werden. LBS und ISOBUS gewährleisten die Kommunikation. Die Betriebsführung und das Betriebsmanagement können aus dem „Vollen schöpfen". Vielfältige Potenziale sind erkennbar, wenn die neuen Möglichkeiten genutzt und weiterentwickelt werden.

1. Hinführung

„Landwirte führen zu wenig Bücher" ist eine bekannte Tatsache. Damit ist nicht nur die Buchführung sondern auch - und vielleicht sogar besonders - die Produktion gemeint. Wesentliche Gründe sind:

- Datenerfassung erfordert einen zusätzlichen Aufwand
- gute Daten müssen gemessen werden, eine Schätzung reicht dafür nicht aus
- Daten müssen zweifelsfrei dokumentiert werden
- Daten- und Verarbeitungsformate müssen aufeinander abgestimmt sein
- Daten müssen ausgewertet und interpretiert werden
- Änderungen bei der Datenverarbeitung wirken auf die Datenerfassung zurück und verlangen oft veränderte Dateninhalte mit einer stärkeren Differenzierung und damit einen weiteren zusätzlichen Aufwand bei der Erfassung

Auch bei gut durchdachten Systemen mit manueller Datenerfassung sind Datenlücken unvermeidbar. Diese sind erfahrungsgemäß dann am größten, wenn der tägliche Arbeitsanfall zunimmt. Zugleich fallen dann jedoch meistens auch die wichtigsten Daten an: Es entsteht ein „Circulus Vitiosus (Teufelskreis)" mit schlechten, fehlerhaften oder fehlenden Daten für wichtige Teile des Produktionsprozesses. Damit kann der gesamte Produktionsprozess nicht mehr objektiv bewertet werden. Fehler werden nicht mehr erkannt, Möglichkeiten der Verbesserung entfallen und stellen den Aufwand für die Datenerfassung in Frage. Die Motivation für eine Verbesserung nimmt ab und damit entsteht zunehmend die Situation einer „unkontrollierten Produktion".

Dieser - vielleicht zu stark verallgemeinernden - Situation steht der zunehmende Konkurrenzdruck in der Landwirtschaft und die immer weiter zunehmende Leistungsfähigkeit bei der Datenverarbeitung gegenüber. Deshalb kann nur eine in sich geschlossen Kette aus

- automatischer Datenerfassung (Sensorik)
- bedarfsorientierter Datenspeicherung
- sicherem Datentransfer (Kommunikation)
- weitgehend automatisierter Datenanalyse

eine zielführende Lösung darstellen.

2. Erste Ansätze einer automatisierten Datenerfassung

Mit der einsetzenden Nutzung der Elektronik in der Landtechnik Ende der siebziger Jahre wurden Sensoren integrierte Bestandteile in Traktoren, Maschinen und Geräten. Drei ausgewählte Beispiele sollen die neuen Möglichkeiten und Probleme aufzeigen (Abb. 1).

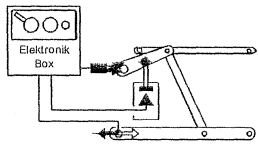
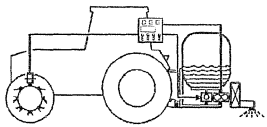
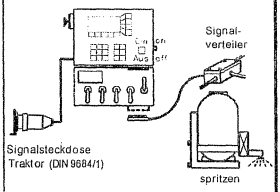
	1978 Elektronische Hubwerksregelung (EHR)	1978 Spritzcomputer	1985 Mobiler Agrarcomputer
System			
Regelablauf	✸ Ständige Erfassung von Zugwiderstand und Lage des Dreipunktgestänges ✸ Ableitung der Stellgröße	✸ Ständige Erfassung von wahrer Vorfahrt und Durchfluss ✸ Berücksichtigung von Arbeitsbreite und Sollmenge ✸ Ableitung der Stellgröße	✸ Ständige Erfassung von wahrer Vorfahrt und Durchfluss ✸ Berücksichtigung von Arbeitsbreite und Sollmenge ✸ Ableitung der Stellgröße
Speicherung	- Informationen werden "weggeworfen" ! ! !	+ Auftragsbezogene Sensorwerte und abgeleitete Daten + Leistungsparameter der Maschine	+ Auftragsbezogene Sensorwerte und abgeleitete Daten

Abbildung 1: Wesentliche systematische Möglichkeiten der automatischen Datenerfassung in verschiedenen landtechnischen Elektroniklösungen

2.1 Elektronische Hubwerksregelung (EHR)

Der bisher übliche mechanische Messwertgeber im Ober- oder Unterlenker wurde durch zwei elektromagnetische Messbolzen in den Unterlenkern und einem Lagesensor an der Hubwelle ersetzt. Die analogen Messwertsignale flossen in die Elektronikbox, wurden verarbeitet und in einen Stellwert für die Regelung umgewandelt. Weil für die Zugwiderstandswerte kein „offensichtlicher Informationsbedarf" bestand wurden diese nach der Verrechnung durch die neu eingehenden Signalwerte ersetzt und somit „vergessen".

Wichtige Hinweise auf einen mittleren Zugleistungsbedarf als Dokumentation für eine erbrachte „Leistung für ein Feld" wurden ebenso verschenkt, wie eine mögliche Klassierung mit zeitanteiliger Zuordnung und einer damit möglichen weiteren Informationsdifferenzierung.

2.2 Spritzcomputer

Zur Verbesserung der Ausbringgenauigkeit und damit zur Umweltentlastung wurde schon 1978 der erste Spritzcomputer vorgestellt. Damit erfolgte die Mitteldosierung über eine Druckveränderung in direkter Abhängigkeit zwischen wahrer Vorfahrt und benötigter Ausbringmenge. Über eine Start/Stop-Einrichtung konnten Einzelspeicher auf Null gesetzt und damit erstmals weitgehend korrekte Dokumentationen erstellt werden, sofern die Bedienperson eine zuverlässige Bedienung vornahm. Erfasst wurden in Abhängigkeit von den verfügbaren Sensoren:

- Spritzfläche aus Geschwindigkeit, Arbeitsbreite und Durchflussinformation
- Spritzzeit aus Systemzeit und Durchflussinformation
- Mittelaufwand insgesamt aus der Durchflussmenge
- Mittelaufwand/ha aus der Durchflussmenge/Spritzfläche

Alle Teilwerte wurden kontinuierlich im Summenspeicher aufaddiert und erbrachten damit eine erste „Maschinenkennkarte" mit

- Gesamtspritzzeit (Maschinengesamtnutzungszeit)
- Gesamtspritzfläche (Maschinengesamtbearbeitungsfläche)
- Gesamtdurchsatzmenge (Maschinengesamtdurchsatz)

2.3 Mobiler Agrarcomputer mit Chipkarte

Nahezu vergleichbare Leistungen wurden im mobilen Agrarcomputer ab 1985 für die universelle Nutzung von Überwachungs- und Steuerungsaufgaben bereitgestellt. Allerdings musste nun die dauerhafte Summierung in den damit verbundenen Geräten aufgrund fehlender Intelligenz unterbleiben. Über eine erstmals 1987 realisierte Kommunikation per Chipkarte zwischen Hofrechner und mobilem Agrarcomputer konnte nun jedoch erstmals ein Auftragssystem mit einer Dokumentation realisiert werden. Dieses enthielt

- in den Aufträgen die Vorgaben (Sollwerte)
- in der Dokumentation die sensorbasierten Zeit-, Flächen- und Durchsatzwerte

Dafür war erstmals eine klar definierte Schnittstelle zur Software im Betrieb nötig, deren Nutzung jedoch auf die nur wenigen, vom mobilen Agrarcomputer bedienten Maschinen und Geräte beschränkt blieb. Drei neue Probleme entstanden:

- Einerseits lieferte der mobile Agrarcomputer hochgenaue Daten für wenige Arbeitsgänge im Betrieb.
- Andererseits musste zur Vervollständigung der benötigten Gesamtdaten weiterhin auf manuell erfasste Daten mit deutlich unterschiedlicher Datenqualität zurückgegriffen werden.
- Schließlich entfielen gegenüber dem Spritzcomputer die gerätespezifischen Gesamtnutzungswerte.

3. GPS integriert Ort und Zeit in die Agrartechnik

Mit GPS kam Anfang der 90er Jahre eine neuer, universeller Sensor zur Elektronik in der Landtechnik hinzu. Erstmals stand damit im Sekundentakt

- eine hochgenaue Zeit mit automatischer Winter-/Sommerzeitumschaltung und mit automatischer Zeitzonenzuordnung
- eine relativ genaue Position zwischen ±1 und ±5 m

für jedermann bei tragbarem Investitionsbedarf weitgehend kostenfrei zur Verfügung. Damit konnten nun alle in der mobilen Landtechnik anfallenden Daten und Informationen mit den Attributen „Ort und Zeit" geokodiert erfasst und gespeichert werden. Erstmals wurde damit eine

- absolut sichere zeitliche Dokumentation und eine
- zuverlässige räumliche Dokumentation in Verbindung mit „Geografischen Informationssystemen (GIS)"

möglich. Als überzeugendes System wird seit Anfang der 90er Jahre die Ertragsermittlung im Mähdrescher eingesetzt. Unabhängig von anderen Einflüssen kann jeder Hersteller sein eigenes System aufbauen, weil Mähdrescher in sich geschlossene Systeme darstellen.

4. GPS und LBS/ISOBUS garantieren die automatische Datenerfassung

Im Gegensatz dazu hat es die Maschinenkombination aus Traktor und Gerät schwerer, weil dabei eine herstellerunabhängige Kombinationsmöglichkeit gegeben sein muss.

Weit vorausschauend wurde in Deutschland schon 1984 mit der Normung der elektronischen Kommunikation in der Landwirtschaft begonnen. Ab 1987 stand der Entwurf einer Signalsteckdose nach DIN 9684/1 zur Verfügung, welcher die wichtigen Signale

- theoretischer Weg
- wahrer Weg (falls gemessen)
- Zapfwellendrehzahl
- Arbeitsposition des Heckdreipunktgestänges

für die Steuerung, Regelung und für die Dokumentation zur Verfügung stellte. Schon 1989 war das „Landwirtschaftliche BUS-System (LBS)" nach DIN 9684/2-5 im systematischen Ansatz definiert. Es bringt im Gegensatz zum mobilen Agrarcomputer die Rechnerintelligenz wieder in die Maschine zurück. Erste Prototypen wurden 1993 zur AGHRITECHNICA in Hannover vorgestellt, die Norm schließlich nach einer nochmaligen Überarbeitung 1997 verabschiedet.

Parallel dazu wurde von Deutschland ausgehend die weltweite Normung der elektronischen Kommunikation initiiert und vorangetrieben. Der mittlerweile weitgehend fertig definierte ISOBUS nach ISO 11783 entspricht in seiner Funktionalität dem LBS und wird in hoffentlich in absehbarer Zeit (2 - 5 Jahre) zu einem wirklichen weltweiten Standard in der Landwirtschaft führen.

Mit GPS und LBS/ISOBUS lassen sich nun erstmals vollständig automatisch arbeitende Datenerfassungssysteme realisieren, welche neben den bisher in der Landwirtschaft mit Elektronik versehenen Verteilgeräten auch alle anderen Maschinen, Geräte und Transporteinheiten einbeziehen können.

4.1 Systemansatz

Der systematische Ansatz beruht auf der Integration jeder eingesetzten Maschine in

die elektronische Kommunikation nach LBS/ISOBUS mit einer Mindestausstattung an eigener elektronischer Intelligenz (Abb. 2).

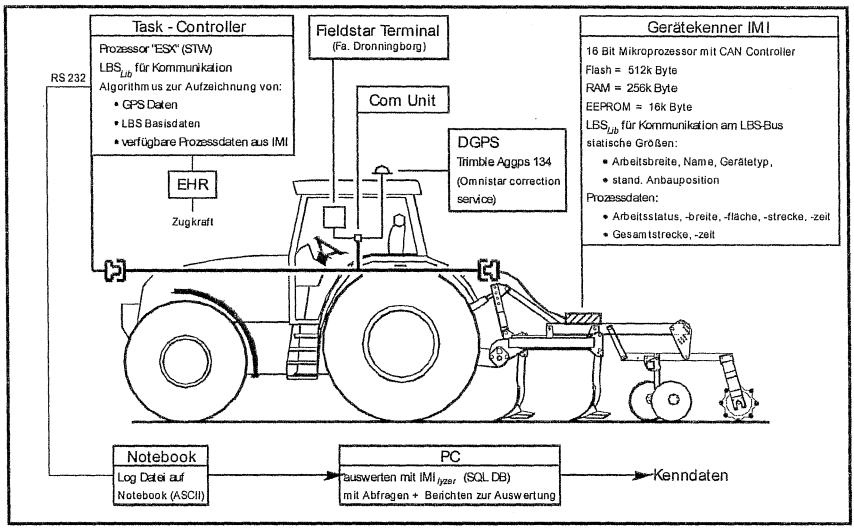


Abbildung 2: Systematischer Ansatz für eine automatische Prozessdatenerfassung mit GPS, LBS/ISOBUS und IMI

Danach erhält jedes Gerät eine eigene Erkennungseinheit, den Gerätekenner (engl. Implement Indicator) IMI. Dieser enthält die Arbeitsdaten der jeweiligen Maschinen in Form eines elektronischen Typenschildes. Über LBS/ISOBUS tritt er mit dem Gesamtsystem in Verbindung. Der TASK-Controller überwacht die Arbeitsabläufe und kann in Verbindung mit GPS die Zeit und den Ort in die Prozessdatenerfassung einbeziehen. In ersten Untersuchungen auf der Versuchsstation Dürnast werden damit seit März 2001 flächendeckend alle Arbeiten erfasst und parallel zwei Erfassungsalgorithmen eingesetzt:

- Georeferenzierte Prozessdatenerfassung zur Weiterverarbeitung der Informationen in Precision Farming Systemen und zur wissenschaftlichen Analyse möglicher Auswertungsalgorithmen
- Schlagbezogene Prozessdatenerfassung im Map-matching mit

Kartenhinterlagerung ablaufbezogen nach Hof, Weg Hof-Feld und Arbeit im Feld. Bei letzterer wird nach Arbeit, wenden und Arbeitsunterbrechung unterschieden (Tab. 1)

Tabelle 1: Beispiel einer schlagbezogenen automatischen Datenerfassung

Datum	Startzeit	Stopzeit	Schlag	Traktor	Gerät	Maßnahme
30.04.2001	19:45 Uhr	20:30 Uhr	TH01	MB-trac	Exaktstreuer	Düngen

Benötigte Zeit auf dem Feld				
Gesamt	*Arbeit*	*Wenden*	*Stand*	*Zeit / Fläche*
0.59 h	61 %	23 %	16 %	0.10 h/ha

Zurückgelegter Weg auf dem Feld			
Gesamt	*Arbeit*	*Wenden*	*Weg / Fläche*
4.11 km	81 %	19 %	0.71 km/ha

Arbeitsgeschwindigkeit		Zapfwellengeschwindigkeit bei der Arbeit	
Mittel	*Standardabweichung*	*Mittel*	*Standardabweichung*
9.26 km/h	2.27 km/h	450 U/min	61 U/min

Bearbeitete Fläche	Applizierte Menge		
Summe	*Summe*	*Mittel*	*Stand.abw.*
4.75 ha	915.6 kg	203.4 kg/ha	34.9 kg/ha

Neben der automatischen Prozessdatenerfassung für die Betriebsführung sind über die geräteinterne Intelligenz drei Ausbaustufen des IMI vorgesehen (Tab. 2):

4.2 Sicherheitstechnische Überlegungen

Eine automatische Prozessdatenerfassung wird nur dann sicher und zuverlässig arbeiten, wenn über geeignete Sicherheitseinrichtungen der unbeabsichtigte und der vorsätzliche Missbrauch weitgehend unterbunden werden. Für den Einsatz von Traktor und Gerät wurde dazu folgendes Ablaufschema entwickelt (Abb. 3):

Tabelle 2: Gerätekennkarte IMI in drei möglichen Ausbaustufen

Typ 1			Typ 2			Typ 3		
Gruppe	*Kenngröße*	*Einheit*	*Gruppe*	*Kenngröße*	*Einheit*	*Gruppe*	*Kenngröße*	*Einheit*
Gerätekenndaten			**Gerätekenndaten**			**Gerätekenndaten**		
	Hersteller			Hersteller			Hersteller	
	Typ			Typ			Typ	
	Baujahr	[mmjj]		Baujahr	[mmjj]		Baujahr	[mmjj]
	Arbeitsbreite / Nutzlast	[m / t]		Arbeitsbreite / Nutzlast	[m / t]		Arbeitsbreite / Nutzlast	[m / t]
	...			...			...	
			Betriebsdaten			**Betriebsdaten**		
				Betriebs-Nummer			Betriebs-Nummer	
				MR-Nummer			MR-Nummer	
				LU-Nummer			LU-Nummer	
				Kostenstelle			Kostenstelle	
			Feldarbeitsdaten			**Feldarbeitsdaten**		
				Zeit für Arbeit im Feld	[h]		Zeit für Arbeit im Feld	[h]
				Weg für Arbeit im Feld	[km]		Weg für Arbeit im Feld	[km]
						Einsatzdaten		
							Gesamtzeit Feld	[h]
							Gesamtweg Feld	[km]
							Standzeit Feld	[h]
							Anbau-/Anhängezeit	[h]
							Fahrzeit	[h]
							Fahrweg	[km]
							Sensor 1	[...]
							Sensor n	[...]
						Servicedaten		
Elektronisches Typenschild			Betriebsdatenerfassung			Maschinenauslastung		
Hersteller			**Betrieb**			**ÜMV**		

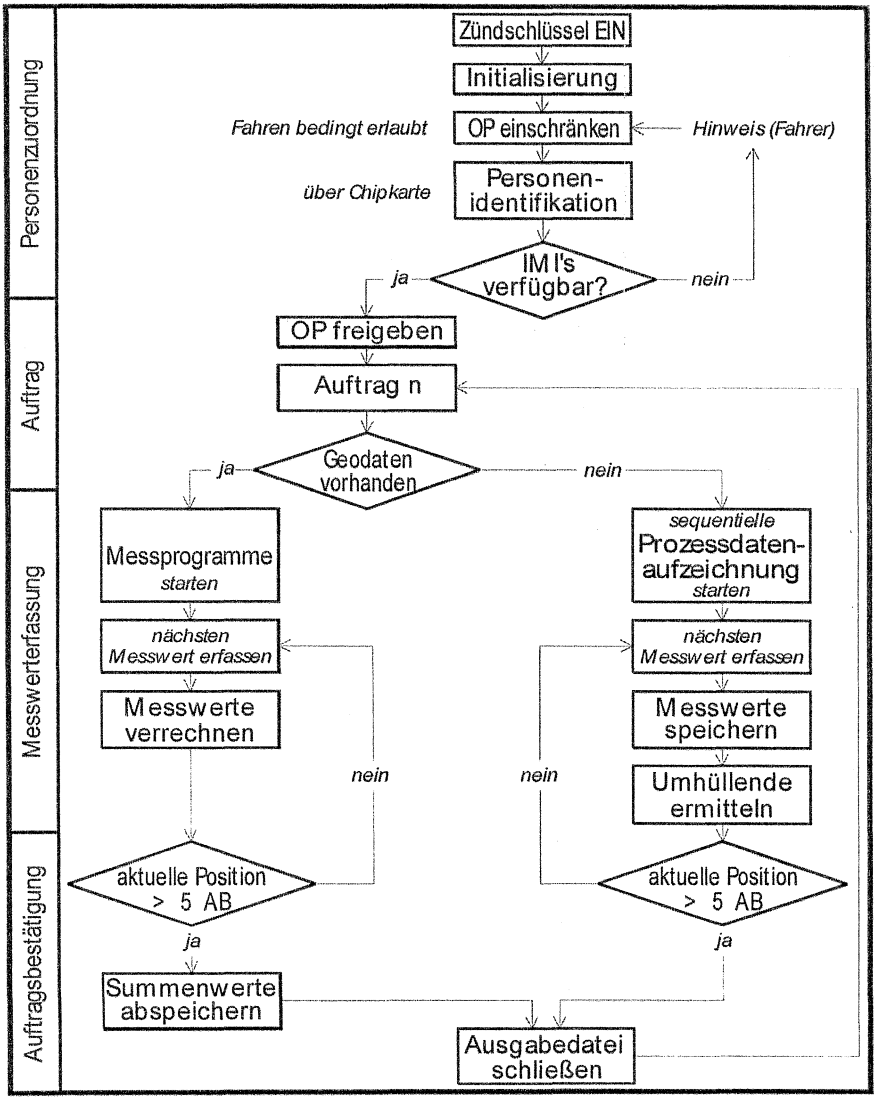


Abbildung 3: Prozessdatenerfassung mit vorgeschalteten Sicherheitsschwellen

5. Die Potenziale sind noch nicht absehbar

Das vorgestellte Konzept enthält ein noch nicht absehbares Potenzial der automatischen Datenerfassung für verschiedenartige Nutzungen:

5.1 Dokumentation

Erstmals kann damit eine flächen- und zeitdeckende Dokumentation aller in der Landwirtschaft durchgeführten Arbeiten und Maßnahmen gewährleistet werden. Diese sind fünf großen Unterbereichen zuzuordnen:

- *Betriebsdatendokumentation:* Erstmals wird mit der automatischen Datenerfassung eine lückenlose und vollständige Erfassung von Prozessinformationen für die Betriebsführung möglich. Schlagkarteien werden umfassender und damit wertvoller. Die Buchführung erhält über die Naturaldaten den erforderlichen Hintergrund. Neue Ansätze sind im „Data Mining" zu sehen, wodurch betriebliche Zusammenhänge und Abhängigkeiten analysiert und bewertet werden können. „Decission Support Systems" ermöglichen stärker automatisierte Entscheidungsabläufe

- *Basisdaten für Precision Farming:* Mit der Georeferenzierung werden Betriebsdaten zur Grundlage für das Precision Farming. Standortspezifische Behandlungen führen zur Kostenreduzierung und zur Umweltentlastung.

- *Dokumentation für Administration und Verwaltung:* Zunehmende Auflagen erfordern mehr und vor allem betrieblich relevante und ständig angepasste Daten. Über die automatische Datenerfassung können administrative Datenbasen geschaffen werden, welche in das Antrags- und Nachweisverfahren ohne zusätzlichen Aufwand einfließen können.

- *Dokumentation für die Qualitätssicherung und das Qualitätsmanagement:* Neben den genannten Möglichkeiten wird die Qualitätssicherung der Produktion zu einer Herausforderung von morgen. Wiederum werden lückenlose und korrekte Daten benötigt, welche ohne eine automatische Erfassung nicht zu realisieren sind.

- *Dokumentation für die „Gläserne Produktion“:* Schließlich verlangt der Konsument immer mehr Informationen über den Erzeugungsablauf der von ihm erworbenen Produkte. In einer „Gläsernen Produktion“ sind automatisch erfasste Daten mit hoher Zuverlässigkeit und Genauigkeit unabdingbare Voraussetzungen.

5.2 Abrechnung

Völlig neue Möglichkeiten eröffnen sich über die automatisierte Datenerfassung im überbetrieblichen Abrechnungswesen bei Nachbarschaftshilfe, in den vielfältigen Formen der Maschinengemeinschaften, im Maschinenring und beim Lohnunternehmer. Erstmals könnte damit der bisherige ausschließliche Flächenbezug zur erbrachten Leistung erweitert und damit auch stärker an die vorliegenden praktischen Verhältnisse angepasst werden. Einige Beispiele mögen dies verdeutlichen:

- *Höhere Kosten* durch mehr Wendezeiten auf kleinen und ungünstigen Schlagformen lassen sich direkt quantifizieren und umrechnen.
- *Mehr Dieselverbrauch* durch die vorliegende Bodenart oder durch ungünstige Witterungsbedingungen wird nachweisbar.
- *Zusätzliche Maschinenbelastungen* durch einen höheren Durchsatz können nachgewiesen und quantifiziert werden.
- *Größe Schlaglängen* mit günstigen Haupt-Nebenzeitenverhältnissen können zum Vorteil des Eigentümers berücksichtigt werden.
- Für die *„Virtuelle Flurbereinigung“* entsteht ein zweifelsfreies Informationsmaterial für die Aufwand- und Kostenrechnung.

Dass all dies in einem weitgehend automatisierten Ablauf direkt und unmittelbar nach Arbeitsabschluss möglich ist versteht sich von selbst. Damit entfallen zusätzliche Kosten durch Zinsentgang ebenso wie Kosten für manuelle Datenergänzungen.

5.3 Flottenmanagement

Automatische Datenerfassung ist die Voraussetzung für ein Flottenmanagement. Nur damit wird es möglich zentral die aktuellen Situationen bei den eingesetzten Fahrzeugen abzurufen und erforderliche Entscheidungen zu treffen. Diese sind

möglich für:

- Die *Ablaufoptimierung* durch die zeitgerechte Bereitstellung benötigter Maschinen, Geräte und Transporteinheiten.
- Die *zentrale Überprüfung* der aktuell vorliegenden Maschineneinstellungen mit der Möglichkeit von Verbesserungshinweisen bis hin zu zentral veranlassten Änderungen der Einstellungsparameter.
- den *Teleservice* als neue Möglichkeit einer zentralen Maschinen- und Geräteüberwachung zur Sicherstellung von schadensfreien Einsätzen und terminlich rechtzeitig veranlassten Service- und Reparaturmaßnehmen.

5.4 Maschinensicherung

Völlig neue Möglichkeiten ergeben sich in der Sicherung der Maschineneinsätze bei Einsatz von unerfahrenem und/oder betriebsfremden Personal. Über die Positionserfassung mit einer dazu hinterlegten Karte (Map Matching) können Feldhindernisse automatisch erkannt und Schadensfälle verhindert werden. Verschiedene systematische Ansätze sind möglich:

- Über die *einfache Signalisierung auf dem Bedienterminal* kann der Fahrer auf ein sich abzeichnendes Hindernis aufmerksam gemacht werden.
- *Akustische Hinweise* bei Annäherung an das Hindernis oder an den Gefahrenbereich (Steilgelände, unzureichende Tragfähigkeit des Bodens) können den Fahrer zu einer angepassten Reaktion veranlassen, wobei mit zunehmender Annäherung auch die Intensität der Akustik gesteigert werden könnte.
- *Fahrzeugblockaden* als letzte Möglichkeit könnten dort genutzt werden, wo auf sehr unerfahrenes und/oder unzuverlässiges Bedienpersonal zurückgegriffen werden muss.

5.5 Maschineneinsatzdokumentation

Schließlich wird mit diesen Techniken eine zweifelsfreie maschinenspezifische und zugleich maschineninterne Dokumentation der jeweiligen Maschineneinsätze möglich. Erstmals erhielte dadurch jede Maschine und jedes Gerät eine unverwechselbare und fälschungssichere Einsatzdokumentation mit mehreren Vorteilen:

- Die tatsächliche bisherige Maschinennutzung wird bekannt und bewertbar.
- Die Restwertermittlung wird auf eine objektive Basis gestellt.
- Beim Gebrauchtmaschinenkauf kann auf fundierte Einsatzdaten zurückgegriffen werden, wodurch Fehlentscheidungen und Fehlbewertungen für oder gegen das jeweilige Geräte weitgehend ausgeschaltet werden können.
- Der Maschinenservice kann auf eine neue Basis gestellt werden, wenn die Einsatzparameter in die Serviceintervalle einbezogen werden.

6. Fazit

Mit Elektronik in Maschinen und Geräten werden diese nicht nur intelligent sondern „Maschinen und Geräte" werden damit zu „quasi kostenfreien Sammeleinrichtungen" für eine Vielzahl betrieblich benötigter Daten. Dadurch kann nicht nur das Betriebsmanagement auf eine völlig neue Entscheidungsbasis gestellt werden, sondern zugleich wird damit die gesamte Produktion transparent und dokumentationsfähig. Landbewirtschaftung und Landwirtschaft erhalten einen neuen Stellenwert in der Gesellschaft, weil nunmehr Fakten und Zahlen anstelle von Vermutungen und Vorurteilen rücken. Für die Landwirtschaft beginnt damit ein neues Zeitalter mit noch nicht absehbaren Chancen und Möglichkeiten.

6. Dank

Die Vorbereitung und Durchführung der Untersuchungen zur automatischen Datenerfassung auf der Versuchsstation Dürnast erfolgten im Rahmen der DFG-Forschergruppe IKB-Dürnast. Daran beteiligten sich die wissenschaftlichen Mitarbeiter Dr. M. Demmel, Dipl.-Inform. A. Spangler und Dipl.-Ing.agr. M. Rothmund. Zusätzliche Leistungen erbrachten die technischen Mitarbeiter H. G. Brunnhuber und J. Böck. Ihnen sei an dieser Stelle ausdrücklich gedankt.

7. Literatur

[1] Anonym: Zu wenig Bauern führen Buch. Landmaschinen-Report 11 (1997), Nr. 23. S. 2

[2] Auernhammer, H., Demmel, M., Spangler, A., Trukenbrod, R.: Automatic process data acquisition with GPS and LBS. Abstracts of AgEng Warwick 2000:Agricultural Engineering into the Third Millenium. Silsoe: Silsoe Research Institute 2000, Part 1, pp.267-268

[3] Auernhammer, H., Demmel, M., Spangler, J.: Betriebsdatendokumentation mit LBS und GPS für Traktor-Gerätekombinationen. In: Tagung Landtechnik 1999. Düsseldorf: VDI-Verlag 1999, S. 217-221

[4] Demmel, M., Rothmund, M., Spangler, A., Auernhammer, H.: Algorithms for a data analysis and first results of automatic data acquisition with GPS and LBS on tractor implement combinations. In: Proceedings of the "Third European Conference on Precision Agriculture (Eds.: Grenier, G., Blackmore, S.). agro Montpellier 2001, Vol 1, pp. 13-18

[5] DIN: Schnittstellen zur Signalübertragung (Teil 1 bis Teil 5). Berlin: Beuth Verlag (Erscheinungsjahre-Monate bei den einzelnen Teilen)

[6] Graf. U.: Technik für das 21. Jahrhundert. dlz agrarmagazin 52 (2001), S. 128-130

[7] ISO: Tractors, machinery for agriculture and forestry - Serial control and communication data network (part 1 to part 11). Geneve: ISO/TC23/SC19/WG1, ISO 11783 (under development and partly published)

[8] Luetgebrune, A.: Standards gesucht. DLG-Mitteilungen 2000, H. 8, S. 66-67

[9] Rothmund, M., Demmel, M., Auernhammer, H.: Methoden und Ergebnisse der Datenauswertung bei der Automatischen Prozessdatenerfassung mit LBS, GPS und IMI® auf Traktor-Geräte-Kombinationen. In: Berichte der Gesellschaft für Informatik in Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft: Referate der 22. GIL-Jahrestagung in Rostock 2001. Rostock 2001, Band 14, S. 129-132

[10] Rothmund, M.: Entwicklung eines SQL-basierten Auswertungsprogramms für die Automatische Prozessdatenerfassung mit LBS, GPS und IMI. Diplomarbeit: Technik im Pflanzenbau der TUM Weihenstephan 2001

[11] Spangler, A., Demmel, M., Auernhammer, H.: LBS_{lib} als Open Source für Jedermann. In: Tagung Landtechnik 2001: VDI-Verlag Düsseldorf 200, VDI-Berichte 1636, S. 101-108