

Karl Wild und Hermann Auernhammer, Freising

Ansätze zur automatisierten Arbeitszeitermittlung bei Feldarbeiten

Durch größere Betriebsstrukturen und stärkere Spezialisierung gewinnt die Arbeitsorganisation zunehmend an Bedeutung. Sie erfordert verbesserte Techniken zur Arbeitszeitüberwachung und Arbeitszeitplanung. Mit der Satellitenortung steht nun ein kostenfrei nutzbarer Positions- und Zeitdienst zur Verfügung. Er eröffnet in Verbindung mit schon vorhandenen oder zusätzlichen Sensoren in den Maschinen und Geräten für den Landwirt und für den Wissenschaftler neue Wege einer automatisierten Ermittlung von Arbeitszeiten.

Durch die strukturellen Veränderungen der deutschen Landwirtschaft, vor allem das Hinzukommen der großen Betriebe in den neuen Bundesländern, sind neue arbeitswirtschaftliche Anforderungen entstanden. Bisher verfügbare Methoden der Arbeitszeitermittlung stoßen an ihre Grenzen, verfügbares Zahlenmaterial wird den neuen und erweiterten Ansprüchen nicht mehr gerecht. Betriebe mit überwiegend Fremdarbeitskräften und mit zunehmendem überbetrieblichen Maschineneinsatz erfordern kostengünstige und zuverlässig arbeitende Überwachungs- und Planungshilfen.

Die Arbeitszeitermittlung in der Praxis und in der Wissenschaft erfolgte bisher nahezu ausschließlich manuell. Das Arbeitstagebuch als traditionelles Aufzeichnungswerk der Praxis war und ist unvollständig, wird selten ausgewertet und enthält wenig detaillierte Informationen. Die automatisierte Arbeitszeiterfassung in Steuerungs- und Regelungscomputern scheitert häufig an Unzulänglichkeiten der Bedienperson durch Vergessen oder falsche Bedienung. Exakte Zeitstudien mit Stoppuhren sind für die Praxis zu zeitaufwendig und deshalb ungeeignet. Als Hilfsmittel wissenschaftlicher Fragestellungen sind sie methodisch sehr weit entwickelt, jedoch wird ihr Einsatz aufgrund finanzieller Engpässe immer seltener.

Eine völlig neue Möglichkeit für die Arbeitszeitmessung ergibt sich nun aus der

Nützung satellitengestützter Ortungs- und Navigationssysteme (GPS, GLO-NASS, GNSS1, GNSS2). Sie stellen weltweit einen kostenfreien Positionierungs- und Zeitdienst zur Verfügung und sind damit „automatisch arbeitende Stoppuhren“ für den Landwirt und die Wissenschaft, wenn in Verbindung mit Sensoren in den Maschinen und Geräten zeit- und ortsrelevante Abgrenzungen ermöglicht werden. Versuche in Erntemaschinen sollten diese theoretischen Überlegungen umsetzen und verifizieren.

Versuchsaufbau und Durchführung

Zur Abdeckung eines breiten Einsatzspektrums von Erntemaschinen wurden in den vergangenen vier Jahren Versuche zur automatisierten Arbeitszeiterfassung mit der Rundballenpresse, dem Ladewagen und dem Mähdrescher durchgeführt.

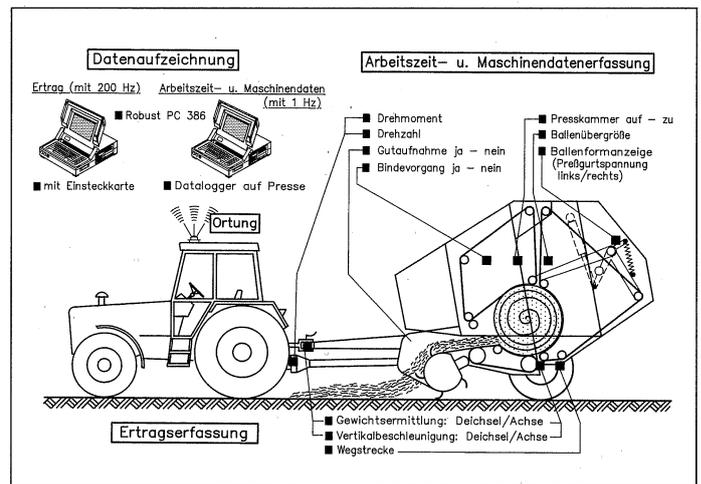
zeiten ermittelt. Zur Bestimmung der Anfangs- und Endzeitpunkte der einzelnen Arbeitsarten oder -elemente und auch zur Erfassung der auf den Arbeitszeitverbrauch einwirkenden Einflußgrößen wurde auf die serienmäßig eingebaute Sensorik und auf zusätzlich installierte Sensoren zurückgegriffen (Bild 1). Ähnlich der Rundballenpresse wurden auch die beiden anderen Maschinen ausgestattet.

Die Ertragsermittlung erfolgte in den Futtererntemaschinen durch Wägung mit Hilfe von Dehnungsmeßstreifen, im Mähdrescher auf Basis von volumetrischen Durchflußmessern oder radiometrischer Massebestimmung.

Alle Daten wurden mit einer Updaterate von 1 Hz (Ertragsdaten höhere oder niedrigere Raten) auf Robust-PCs (Kontron IP lite) vollständig automatisiert aufgezeichnet.

Bild 1: Ausstattung der Rundballenpresse zur automatisierten Prozeßdatenerfassung

Fig. 1: Outfit of a round baler for automatic process data acquisition



Für die Positions- und Zeitermittlung wurden die GPS-Empfänger im differentiellen Betrieb (DGPS) eingesetzt. Dazu erfolgte in Echtzeit die Übertragung der Korrekturdaten per Funk von der eigenen Feststation zur jeweiligen Erntemaschine. Die Auswertung gliederte sich in zwei Teile:

Zuerst wurde mit DGPS die Schlaggröße ermittelt. Sie ergibt sich aus der ersten Fahrt entlang der Schlaggrenze (Schlagumhüllende), wenn schlagende die außerhalb des Empfängers liegende Arbeitsbreite mit in die Auswertung einbezogen wird. Die dazu erforderlichen Strecken lassen sich aus den Abständen der einzelnen Positionspunkte ermitteln.

In der anschließenden Auswertung wurden dann die verbrauchten Arbeits-

Die automatisierte Datenerfassung wurde bei Einsätzen mit den Versuchsmaschinen auf praktischen Betrieben mit insgesamt etwa 800 ha Ernteflächen durchgeführt (30 ha Ladewagen, 100 ha Rundballenpresse und 670 ha Mähdrusch).

Zusätzlich erfolgten bei einem Teil der Untersuchungen zur Ermittlung der erreichten Genauigkeit des automatisch arbeitenden Systems manuelle Referenzmessungen (Zeitmessungen) mit der Stoppuhr. Bei den Erntemengen erfolgte die Gegenwägung der Korntankinhalte auf geeichten Fuhrwerks- oder Kranwagen, die Streckenermittlungen wurden mit dem Bandmaß vorgenommen.

Dipl.-Ing. agr. Karl Wild ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik; Prof. Dr. Hermann Auernhammer ist Leiter der Abteilung Arbeitslehre und Prozeßtechnik am Institut für Landtechnik der TU München, Vöttlinger Str. 36, 85350 Freising.

Datenanalyse und Ergebnisse

Die in der Wertedatei abgespeicherten Zeitwerte sind GPS-Zeiten, welche sich von der Weltzeit „UTC (= Universal Time Coordinated)“ unterscheiden. Gegenwärtig läuft die GPS-Zeit der UTC ungefähr 11 Sekunden voraus. Moderne GPS-Empfänger berücksichtigen diesen Unterschied. Demgegenüber führen die GPS-Empfänger keine automatische Korrektur zur jeweiligen Ortszeit durch. Um von den ausgegebenen GPS-Zeitwerten auf die bei uns geltende Mitteleuropäische Zeit (MEZ) zu kommen, muß deshalb eine Stunde (während der Sommerzeit zwei Stunden) hinzugezählt werden.

Begrenzend auf die Genauigkeit der Zeitangaben wirkt die Updaterate des Empfängers. Da das Zeitintervall zwischen den aufeinanderfolgenden Datenzeilen bei den meisten Empfängern eine Sekunde beträgt, ist bei der Zeitmessung die Auflösung auf diesen Wert begrenzt.

Zur automatisierten Auswertung der Ar-

beitszeitdaten wurde das unter Windows™ laufende Programm SATAZA entwickelt. Mit einer „Top-down“ – Analyse wird damit der erfaßte Gesamtarbeitsvorgang in immer kleinere Einheiten aufgeteilt, bis schließlich die Ebene der Arbeitselemente erreicht wird. Dazu wurden für die einzelnen Teilvorgänge und Arbeitselemente Meßgrößenprofile erstellt, anhand derer die Erkennung durchgeführt wird (Tab. 1). Während einige Zeitabschnitte mit den Werten von einem Sensor relativ leicht identifiziert werden können (etwa Straßenfahrt), sind für andere Abschnitte Maschinenzustände auszuwerten, deren Erfassung nur mit einer Reihe von Sensoren möglich ist. Der Großteil der Arbeitselemente ist aber nur über eine Kombination der Zustandsmeldungen von verschiedenen Größen möglich (Gutaufnahme beim Ballenpressen).

Die Untersuchungen zeigten, daß der Arbeitsablauf und die Arbeitsausführung von Fahrer zu Fahrer und auch beim gleichen Fahrer stark variieren können. Persönliche Präferenzen, Unterbrechungen,

unterschiedliche Schlagformen, Hindernisse oder wechselnde Arbeitsbreiten und besondere Arbeitsbedingungen tragen hierzu bei. Dem mußte bei der Sensorauswahl und bei der Programmentwicklung Rechnung getragen werden.

Die Ergebnisse der Arbeitszeitanalyse werden von SATAZA sowohl graphisch als auch in Tabellenform dargestellt. Im graphischen Teil wird der Fahrweg des Erntefahrzeuges aufgezeichnet, wobei in Abhängigkeit von der jeweils verrichteten Tätigkeit der jeweilige Weg verschiedenfarbig gestaltet wird. Komfortable Sucheinstellungen sowie schnelles Vor- und Zurückblättern in der bereits vorbehandelten Meßwertedatei und im Ergebnisfenster erlauben eine schnelle manuelle Analyse und die Entwicklung von zusätzlichen neuen Analysealgorithmen. Unterstützt wird dies auch durch die Möglichkeit, den graphisch dargestellten Fahrweg auszugsweise zu vergrößern oder die einzelnen Positionspunkte des Fahrweges mit der Zeilennummer der dazugehörigen Datenzeile aus der Meßwertedatei zu versehen.

Die erreichte Genauigkeit zeigt die Gegenüberstellung der Ergebnisse der automatisiert erstellten Zeitanalysen mit den manuell durchgeführten Stoppuhrmessungen beim Pressen von 3 ha Anwelkgut (Tab. 2). Die Differenzen sind überwiegend vernachlässigbar klein.

Je nach Bedarf des Landwirts (seiner Schlagkartei) oder der Wissenschaft können die Ergebnisse unterschiedlich stark differenziert ausgegeben werden: Ausgehend von der alleinigen Ermittlung der Gesamtzeit kann im zweiten Schritt nach Haupt- und Nebenzeiten unterschieden werden. In der stärksten Differenzierung kann schließlich bis zu Arbeitselementen und den auf sie einwirkenden Einflußgrößen (Weglänge, Erntemenge, Bunkerinhalt) unterschieden werden (Tab. 3).

Fazit

Die durchgeführten Untersuchungen bestätigen die theoretische Annahme, daß sich mit GPS für die landwirtschaftliche Praxis und für die Wissenschaft neue Wege der automatisierten Erfassung und Analyse von Arbeitszeitdaten (und anderen Prozeßdaten) eröffnen.

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 96423 erhältlich.

Schlüsselwörter

Arbeitszeitermittlung, GPS, Analyseprogramm

Keywords

Ascertaining working times, GPS, analysis program

Pressen (Gutaufnahme)	Wenden / Leerfahrt
<ul style="list-style-type: none"> Ballenkammer geschlossen Pick up-Lichtschanke zeigt Gut-aufnahme an Zapfwellendrehzahl größer 5 min⁻¹ Geschwindigkeit größer 0,1 km/h 	<ul style="list-style-type: none"> Pick up-Lichtschanke zeigt keine Gutaufnahme Geschwindigkeit größer 0,1 km/h Bindensensor zeigt keinen Bindevorgang an
Binden <ul style="list-style-type: none"> kein Pressen (Gutaufnahme) kein Wenden / Leerfahrt Bindensensor zeigt Bindevorgang an Zapfwellendrehzahl größer 5 min⁻¹ 	Unterbrechung <ul style="list-style-type: none"> kein Pressen (Gutaufnahme) kein Wenden / Leerfahrt kein Binden

Tab. 1: Meßgrößenkombinationen zur Identifizierung von Arbeitselementen

Table 1: Measured variables combinations for identifying work elements

	Mit Stoppuhr ermittelt (min)	Anteil an Gesamtzeit (%)	Automatisch ermittelt (min)	Differenz (%)	Differenz als Anteil an Gesamtzeit (%)
Gesamtzeit (ohne Rüst- und Wegezeit)	74,35	100,0	74,37	0,0	0,0
Zeit für Pressen (Gutaufnahme)	23,26	31,3	23,17	-0,4	-0,1
Zeit für Wenden / Leerfahrten	7,88	10,6	6,93	-12,1	-1,3
Zeit für Binden (inkl. Wiegen)	43,21	58,1	44,27	2,5	1,4
Zeit für Netzrolle nachfüllen	0,00	0,0	0,00	0,0	0,0
Zeit für Unterbrechungen	0,00	0,0	0,00	0,0	0,0

Tab. 2: Differenzen zwischen automatisch und manuell erfaßten Zeitwerten beim Pressen von Rundballen

Table 2: Deviations between manually and automatically acquired times in round baling

Analyseebene / Abschnitt	Beispiele mit Ergebnissen						
1	Gesamtzeit	Gesamtzeit (ohne Rüst- und Wegezeit) 74,37 min					
2	Arbeitsarten	Tätigkeitszeit 74,37 min			Unterbrechungszeit 0,00 min		
		Hauptzeit 67,44 min	Nebenzeiten 6,93 min	Rüstzeit -	technisch -	organisatorisch -	persönlich -
3	Arbeitselemente	Pressen	23,17 min	f (Weg, Masse)			
		Wenden-/Leerfahrten	6,93 min	f (Weg)			
		Binden	44,27 min	f (Ballenmasse)			
		Netzrolle nachfüllen	0,00 min	f (Erntemasse, Ballenzahl)			

Tab. 3: Im Programm SATAZA realisierte Analyse automatisiert erfaßter Daten

Table 3: In program SATAZA realized analysis of automatically acquired data