

Thorsten Lang, Thomas Göres, Dennis Jünemann, Mark Vollrath, Julia Werneke, Anja Katharina Huemer

# Untersuchung von „Human Factors“ bei Landmaschinen

Um teure mobile Arbeitsmaschinen, deren wirtschaftlicher Betrieb einen hohen Auslastungsgrad erfordert, noch effizienter nutzen zu können oder um bestimmte Maschinengrößen überhaupt bedienbar zu machen, steigt die Anzahl automatisiert ablaufender Funktionen stetig an. Für den Bediener ergeben sich durch diese Entwicklung neue Herausforderungen, die veränderte Mensch-Maschine-Interaktionen mit sich bringen. Der nachfolgende Beitrag berichtet über die Entwicklung einer Methodik, mit deren Hilfe diese Problemfelder identifiziert werden können.

## Schlüsselwörter

Human Factors, Arbeitsanalyse, Bedienerbelastung, Bedienerbeanspruchung, Assistenz

## Keywords

Human Factors, work analysis, stress, strain, assistance

## Abstract

Lang, Thorsten; Göres, Thomas; Jünemann, Dennis; Vollrath, Mark; Werneke, Julia; Huemer, Anja Katharina

## Analysis of Human Factors on agricultural machines

*Landtechnik 64(2009), no. 1, pp. 58-60, 3 figures, 1 reference*

*For the economic operation of expensive mobile machines a high utilization rate is needed. To ensure a more efficient use of machines and to maintain the operability of increased machine sizes the number of automated functions steadily increases. For the operator these new developments will substantially change human-machine interactions. To ensure the safe and efficient operability of these machines, a human factors point of view is needed. The following article reports on the development of an approach to identify the relevant problem areas.*

Einige Landmaschinen werden während relativ kurzer Zeiten im Jahr sehr intensiv für spezielle Aufgaben genutzt und sind dabei oft Teil einer komplexen Prozesskette, beispielsweise bei der Futterernte. Daher spielt die Integration von Assistenzsystemen eine zunehmende Rolle. Die vollautomatisierte Fahrt der Maschine ist heute bereits Stand der Technik.

Als Extrapolation der technischen Entwicklung der letzten Jahre werden als nächster Schritt Konzepte zur Mehrmaschinenbedienung bereits vielfältig diskutiert. Dass als weiteres Ziel dann der vollautonome Betrieb der Maschinen definiert wird, erscheint eine logische Konsequenz. Unabhängig von noch nicht gelösten Herausforderungen in Bezug auf die Betriebssicherheit autonomer Maschinen im Offroad-Einsatz erscheint der Mensch ersetzbar. In **Bild 1** ist diese Entwicklung im linken Strang beispielhaft skizziert. Im Gegensatz dazu kann eine alternative, weniger diskutierte Sichtweise zukünftiger Maschinenkonzepte ganz gezielt die nachhaltige Einbindung des Menschen fokussieren. Dies würde bedeuten, dass nach einer Zwischenstufe einer bedarfsgesteuerten und intelligenten

Teilentlastung des Bedieners eine hochintegrierte Mensch-Maschine-Einheit entstehen könnte. Eine solche Sichtweise geht über die herkömmliche Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen weit hinaus. Um tragfähige technische Konzepte entwickeln zu können, sind umfangreiche Kenntnisse über den beteiligten Menschen erforderlich, die als „Human Factors“ bezeichnet werden.

Durch Human Factors wird beispielsweise beschrieben, dass der Umgang mit und die Akzeptanz von Technik von Eigenschaften des Menschen abhängen. Im Negativen führt dies dazu, dass Technik im Zusammenspiel mit dem Menschen häufig nicht so funktioniert, wie es ein Entwickler gedacht hatte. Die Nutzer oder Bediener bringen eigene Erwartungen, ihre Erfahrungen und Fähigkeiten sowie ihren aktuellen Leistungszustand (z. B. entspannt, gestresst, ermüdet) mit. Zur Verbesserung des Zusammenspiels ergeben sich Fragestellungen, wie beispielsweise: Wie gut unterstützt die vorhandene Technik den Nutzer in verschiedenen Situationen je nach aktueller Leistungsfähigkeit oder könnte ein neues technisches System oder eine bessere Gestaltung eines vorhandenen Systems die Bela-

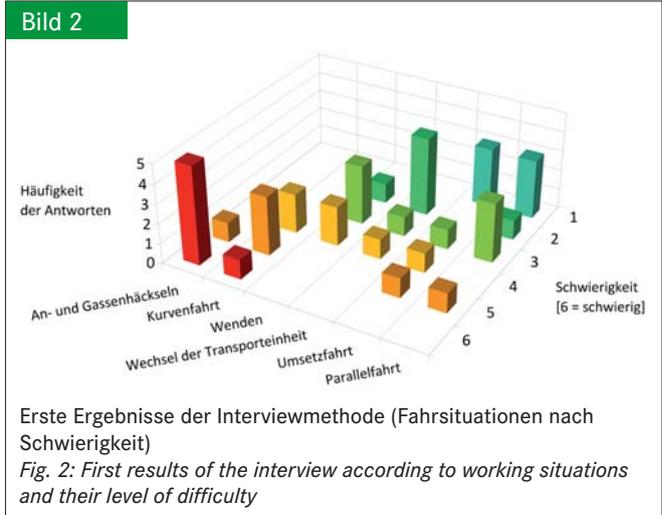
stung des Nutzers verringern?

Vor diesem Hintergrund wurde an der TU Braunschweig in Zusammenarbeit von Ingenieuren und Psychologen mit Unterstützung der Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH eine Pilotstudie durchgeführt, um eine erste Abschätzung relevanter menschlicher Faktoren bei Landmaschinen vorzunehmen. Dazu wurde die Bedienung eines selbstfahrenden Feldhäckslers ausgewählt (**Bild 3**), da bei dieser Tätigkeit sehr komplexe Fahr- und Bedienungsaufgaben sowie die Koordination und Kommunikation innerhalb der Häckselkette zu erfüllen sind.

**Methodenansatz**

In der Pilotstudie sollten einerseits mögliche Probleme im Umgang mit vorhandener Technik identifiziert und andererseits Anforderungen an neue Technik erfasst werden. Hierfür wurde als Methodik das Interview gewählt. Interviews bieten die Möglichkeit, neben gezielten Fragen mit festen Antwortalternativen, durch freies Reden die für den Fahrer subjektiv wichtigen Aspekte seiner Tätigkeit aufzudecken. Dies gilt besonders für sicherheitskritische Situationen, die ausführlich im freien Gespräch beschrieben werden sollen, um möglichst genau die Entstehung dieser Situation zu verstehen.

Für die Durchführung des Interviews wurde ein Leitfaden entwickelt. Dazu wurden bei einigen Feldbesuchen zunächst Gespräche mit Häckslern durchgeföhrt, um einen Überblick über die komplexen Fahr- und Bedienungsaufgaben bei einem selbstfahrenden Feldhäckslern zu gewinnen. Die Fahr- und Bedienungsaufgaben wurden dann strukturiert und nötige Teilaufgaben identifiziert. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse lieferten die Basis für den Interviewleitfaden. Zusätzlich zum Interviewleit-



faden wurde, auf Basis des Kurzfragebogens zur Arbeitsanalyse nach PRÜMPER et al. [1], ein Fragebogen entwickelt, in dem die Häckslernfahrer ihre Arbeitsbelastung allgemein beurteilen sollen.

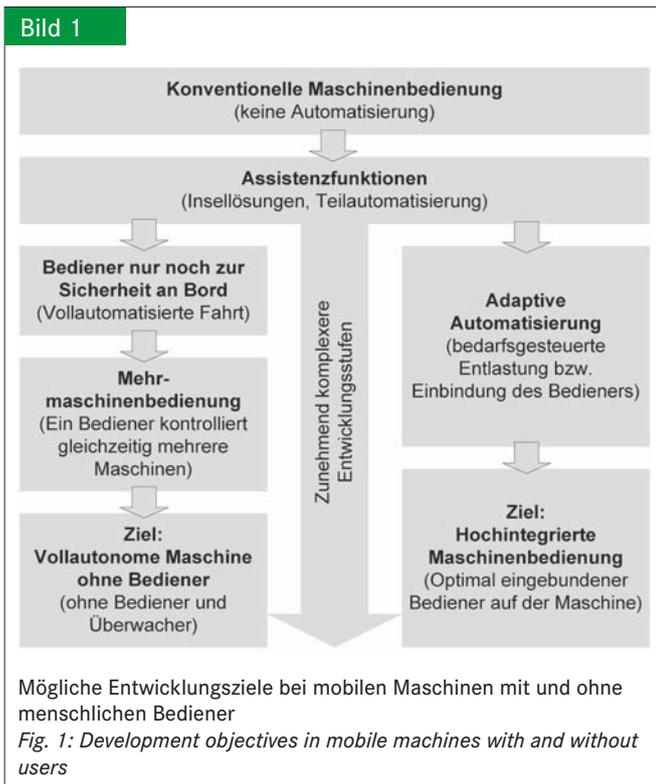
**Methodenanwendung**

In dem Interview werden zunächst die Rahmenbedingungen der Arbeit erfragt. Dabei wird auf die Organisation des Betriebes (z. B. Anzahl der Mitarbeiter, Dienstleistungsangebot) sowie die jeweilige Ausbildung und Berufserfahrung des Fahrers eingegangen. Außerdem wird unterschieden, ob es sich um Angestellte eines Lohnunternehmens oder einen selbstständigen Alleinunternehmer handelt. Weiter werden die Aufgaben der Fahrer, die Arbeitsbedingungen und die Abläufe auf dem Feld beleuchtet. Dazu werden die materiellen Voraussetzungen (z. B. Verfügbarkeit der benötigten Arbeitsmittel), die Kooperationsanforderungen (z. B. Zusammenarbeit mit Kunden und Kollegen) sowie die äußeren Einflüsse auf die Arbeit (z. B. Einfluss des Wetters) erfasst. Die Auswirkungen der einzelnen Faktoren auf die Ausführung der Arbeit werden analysiert.

Danach werden die einzelnen Arbeitsschritte des jeweiligen Häckslernfahrers auf dem Feld analysiert. Für verschiedene Fahrsituationen werden jeweils die Anforderungen an den Bediener und die daraus resultierenden Beanspruchungen erfasst.

Ein weiterer Abschnitt des Interviews beschäftigt sich mit der ergonomischen Gestaltung des Häckslers. Dabei stehen das Cockpit mit seinen Anzeigen und Bedienelementen sowie die Beurteilung der Sicherheit des Häckslers im Vordergrund. Einen Schwerpunkt des Interviews bildet das Thema Assistenzsysteme. Die vorhandenen Assistenzfunktionen des Feldhäckslers werden hinsichtlich Nützlichkeit und Funktionalität bewertet. Außerdem wird der Bedarf nach weiterer Unterstützung aus Sicht der Fahrer erfragt. Die Bediener werden mit dem Szenario einer komplett autonom arbeitenden Maschine konfrontiert und um ihre Einschätzung hierzu gebeten.

Im Anschluss an das Interview wird den Probanden der Fragebogen zur allgemeinen Arbeitsbelastung mit der Bitte um schriftliche Beantwortung vorgelegt. Dieser umfasst die allge-



meine Beurteilung der Arbeitsbelastung, wobei zwischen qualitativer (z. B. Aufgabenschwierigkeit) und quantitativer Belastung (z. B. Aufgabenmenge) unterschieden wird. Des Weiteren wird der Handlungsspielraum der Fahrer, die Vielseitigkeit der Arbeit sowie ihrer Ganzheitlichkeit beurteilt. Zusätzlich wird auf die soziale Rückmeldung und die Zusammenarbeit im Betrieb eingegangen. Da mit vorgegebenen Fragen und Antworten gearbeitet wird, ist dieser Teil für alle Häckslerfahrer vergleichbar.

### Stichprobenrelevanz

Bislang wurden sechs Häckslerfahrer interviewt und mit dem Fragebogen befragt. Da die bisher durchgeführten Interviews eine Dauer von etwa drei Stunden hatten, konnten trotz der scheinbar geringen Probandenzahl bereits detaillierte und aussagekräftige Informationen erhoben werden. Erfahrungen aus anderen Tätigkeitsbereichen der Psychologie zeigen, dass mit entsprechend tiefen, ausführlichen Interviews schon wenige Personen ausreichen, um wichtige Problemkreise zu identifizieren. Für eine genauere Beschreibung und Abschätzung der Relevanz für die Tätigkeit insgesamt sind in Zukunft weitere Untersuchungen notwendig, bei denen eine Beschränkung und Fokussierung auf die im Rahmen der Interviews identifizierten Problemkreise stattfinden kann.

### Erste Ergebnisse

Das Interview erwies sich als sehr gut geeignete Methode, um eine Beschreibung der wesentlichen Teilaufgaben auf dem Feld und die daraus resultierenden Bedieneranforderungen zu erlangen. Die detaillierte Auswertung der Interviews und Fragebögen dauert derzeit noch an. Verschiedene Teilaufgaben werden daraufhin analysiert, welche Rolle die Interaktion von Mensch und Maschine dabei spielt und bei welchen Aufgaben ein Bedarf an zusätzlicher Unterstützung besteht. **Bild 2** liefert einen ersten Einblick in die Ergebnisse. Hier sind die sechs möglichen Fahrsituationen dargestellt, die von den Probanden nach ihrem Schwierigkeitsgrad sortiert werden sollten. Es ist erkennbar, dass insbesondere das Anhäckseln und Gassenhäckseln von fast allen Versuchsprobanden als die schwierigste Fahrsituation eingestuft wurde. Die Kurvenfahrt von Häcksler und Transporteinheit während des Häckselvorgangs geht im Schnitt als zweitschwierigste Fahrsituation hervor, bei den übrigen Fahrsituationen sind die Ergebnisse wesentlich uneindeutiger. Weitere detaillierte Auswertungen folgen, um die unterschiedlichen Einschätzungen der Probanden zu erklären. Angestrebt ist es, eine nach Relevanz geordnete Empfehlung zur weiteren Gestaltung der Arbeit und des Arbeitsplatzes „Feldhäckslers“ zu geben.

### Zusammenfassung und Ausblick

Als Alternative zu einem zukünftigen vollautonomen Betrieb von Maschinen ohne Mensch erscheint die Entwicklung einer nachhaltigen, hochintegrierten Mensch-Maschine-Einheit aus verschiedenen Gründen sinnvoll. Hierfür sind umfangreiche

Kenntnisse über die Interaktion von Mensch und Maschine notwendig.

Die bislang durchgeführten Arbeiten dienen dazu, im Rahmen einer Pilotstudie eine Methodik zu entwickeln, die es ermöglicht, Problembereiche bei komplexen Fahr- und Bedienungsaufgaben mobiler Arbeitsmaschinen zu erkennen und zu definieren. Dabei wurde als Beispiel die Bedienung eines selbstfahrenden Feldhäckslers gewählt.

Die in dieser Pilotstudie nach Auswertung der Ergebnisse identifizierten Problembereiche ermöglichen für nachfolgende Arbeiten eine gezielte und vertiefte Untersuchung, um daraus Lösungsansätze zu entwickeln. Langfristig wird das Ziel verfolgt, adaptive Assistenzsysteme zu entwickeln, so dass der Automatisierungsgrad an die jeweilige Fahrsituation und die aktuellen Bedürfnisse des Bedieners angepasst werden kann.

### Literatur

- [1] Prümper, J., Hartmannsgruber, K. & Frese, M. KZFA. Kurzfragebogen zur Arbeitsanalyse. In: Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie 39, Nr.3, S.125-132; 1995.

### Autoren

**Dipl.-Ing. Thomas Göres** und **Dipl.-Ing. Dennis Jünemann** sind wissenschaftliche Mitarbeiter, **Dr.-Ing. Thorsten Lang** ist akademischer Oberrat am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik (ILF) der TU Braunschweig (Leitung Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. H.-H. Harms), Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig, E-Mail: t.goeres@tu-braunschweig.de, <http://www.tu-braunschweig.de/ilf>

**Dipl.-Wirtschaftspsych. (FH) Julia Werneke** und **Dipl.-Psych. Anja Katharina Huemer** sind wissenschaftliche Mitarbeiterinnen am Institut für Psychologie, Abteilung Kognitions- und Ingenieurpsychologie der TU Braunschweig. **Prof. Dr. Mark Vollrath** ist Leiter dieser Abteilung, Gaußstraße 23, 38106 Braunschweig, <http://www.tu-braunschweig.de/psychologie/abt/ingenieur>

Bild 3



Selbstfahrender Feldhäckslers während des Häckselvorgangs im Parallelverfahren

Fig. 3: Self-propelled forage harvester in parallel operation