

Ein Assistenzsystem zum Überladen

Ergebnisse aus zwei Jahren Forschungsarbeit

Um das Automatisierungspotential des Überladeprozesses auszuschöpfen, wurde im Rahmen eines von der DFG geförderten Forschungsprojektes an der TU-Braunschweig ein Assistenzsystem zum Überladen landwirtschaftlicher Güter (ASÜL) entwickelt. Während der Projektlaufzeit von zwei Jahren wurde untersucht, inwieweit es das ASÜL ermöglicht, den Überladevorgang zu automatisieren. Schwerpunkt war zunächst die Entwicklung von Beladungsstrategien zur automatischen Befüllung der Transporteinheit. Anschließend wurde die Entlastung der Fahrer durch das ASÜL sowie die Treffsicherheit des Schüttgutstrahles bewertet.

Dipl.-Ing. (FH) Cornelia Weltzien ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der TU Braunschweig (Leiter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H.-H. Harms), Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig; e-mail: c.weltzien@tu-bs.de
 Dipl.-Ing. Fabian Graefe ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Regelungstechnik der TU Braunschweig (Leiter: Prof. Dr. W. Schumacher), Hans-Sommer Strasse 66, 38106 Braunschweig.

Das Projekt wird durch die DFG gefördert und unterstützt von der Firma Claas durch die Bereitstellung eines Feldhäckslers. Die Entwicklung des GPS Systems erfolgt in Kooperation mit der Firma Geo++.

Schlüsselwörter

Überladung, Beladungssteuerung, Komfortgewinn

Keywords

Overloading, loading process control, more driver comfort

Beim Überladen im Parallelverfahren ist hohe Aufmerksamkeit durch die Fahrer notwendig. Die Anforderungen steigen bei zunehmenden Geschwindigkeiten durch leistungsstärkere Maschinen und wachsende Transportkapazitäten stetig an. In einer Kooperation des Instituts für Landmaschinen- und Fluidtechnik mit dem Institut für Regelungstechnik wurde das Assistenzsystem zum Überladen landwirtschaftlicher Güter (ASÜL) entwickelt (Bild 1). Das ASÜL ermittelt die Relativposition der Fahrzeuge zueinander und berechnet daraus den Zielpunkt für den Schüttgutstrahl. Eine Beladungssteuerung passt den Auftreffpunkt im Laderaum automatisch an, um diesen gleichmäßig zu befüllen. Über ein Fahrerleitsystem wird dem Traktorfahrer die optimale Relativposition angezeigt, die dieser durch schnellere/langsamere Fahrt anpasst [1, 2, 3].

Versuchsdurchführung

Mit dem ASÜL wurden Feldversuche während der Ernte zur Gras- und Maissilageproduktion durchgeführt. Ziele waren dabei die Funktionalität des ASÜL nachzuweisen sowie eine Beladungssteuerung zu entwickeln. Während der Feldversuche wurden die Schwerpunkte zunächst auf Treffsicherheit, Verlustminimierung und Befüllungsgrad gelegt. Im zweiten Jahr wurde mit einer ausgewählten Beladungssteuerung die Entlastung der Fahrer untersucht.

Für eine Messreihe wurden jeweils drei Versuche durchgeführt. Zunächst erfolgte eine manuelle Befüllung. Dabei übernahm der Traktorfahrer die Beladungssteuerung. Die Automatik war ausgeschaltet, auch der Häckslersfahrer gab keine Hilfestellung. Es folgte eine Fixpunktbefüllung mit Folgeregelung zur Bewertung der Dynamik des Krümmers. Dabei wurde mit dem Schüttgutstrahl eine fester Punkt auf dem Anhänger anvisiert, während dessen Relativposition variiert wurde. Abschließend wurde die Qualität des gleichmäßigen Befüllvorgangs durch die automatische Beladungssteuerung mit voller Funktionalität des ASÜL getestet.

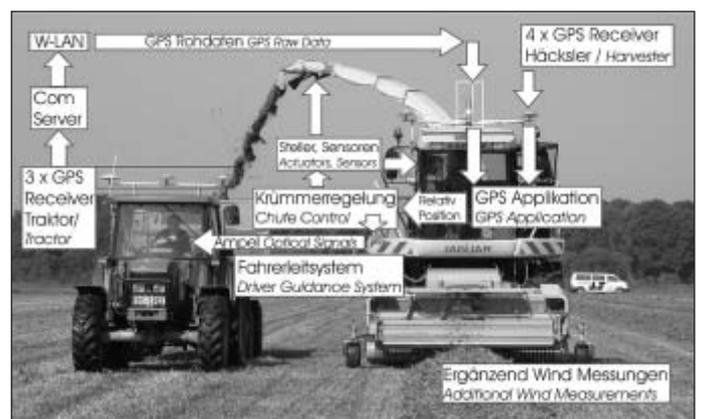
Versuchsergebnisse

Die Funktionalität des ASÜL konnte im Feldeinsatz unter Beweis gestellt werden. Die verwendete GPS Technologie ist systembedingt abhängig von der Umgebung (Abschattung), daher war der Empfang nicht überall gewährleistet. Vor Waldkanten kam es vereinzelt zu Signalausfällen. Die relative Genauigkeit des GPS Systems liegt im Zentimeterbereich.

Das ASÜL arbeitet bei paralleler Geradeausfahrt, bei Kurvenfahrt und bei Wendemanövern. Die Zielgenauigkeit des Gesamtsystems ist abhängig von der Strahllänge. Ein Radius um den Krümmerfuß von 9 m entspricht dem mittleren und von 14 m dem maximalen Arbeitsbereich. Der mittlere Punktfehler des Auftreffpunktes beträgt bei

Bild 1: Aufbau des Assistenzsystems zum Überladen landwirtschaftlicher Güter (ASÜL)

Fig. 1: Set-up of the assistance system for overloading agricultural goods (ASÜL)



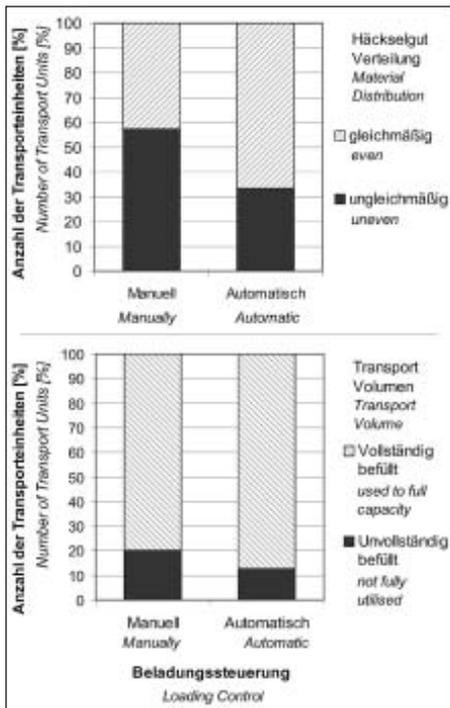


Bild 2: Befüllung der Transporteinheiten; oben: Verteilung des Gutes, unten: Ausnutzung des Ladevolumens

Fig. 2: Filling of the transport units; above: distribution of the material flow, below: utilization of loading volume capacity

9 m Radius 0,3 m und bei 14 m Radius 0,5 m. Ein sicheres Treffen des Anhängers wird durch Einhalten eines Abstandes zur Bordwand gewährleistet.

Bei vernachlässigbaren Verlusten wird die Transportkapazität mit Hilfe des ASÜL tendenziell besser ausgenutzt. Durch eine gleichmäßigere Verteilung werden im Durchschnitt höhere Zuladungen erreicht (Bild 2). Die Varianz zwischen den Fuhren ist jedoch so groß, dass diese Ergebnisse statistisch nicht belastbar sind.

Komfortgewinn

Die Arbeitsbelastung des Traktorfahrers wurde mit Hilfe des standardisierten Fragebogens nach dem NASA-TLX Verfahren ermittelt [4, 5, 6]. Die Entlastung des Traktorfahrers durch die Beladungssteuerung ist deutlich erkennbar geworden (Bild 3). Die Gefahr den Anhänger zu verfehlen ist bei der kleineren Transporteinheit größer, daher liegt die Arbeitsbelastung hier höher als bei dem großen Anhänger. Ungeübte Fahrer sind durch die Aufgabe, den Traktor parallel zum Häcksler zu führen, deutlich stärker belastet als geübte Fahrer. Die Fahraufgabe wird dem Traktorfahrer durch das Fahrerleitsystem nur erleichtert, nicht abgenommen. Der Komfortgewinn ist deshalb für geübte Fahrer

mit kleineren Transporteinheiten am stärksten.

Bedarf und Nutzen

Bei einer Umfrage unter Lohnunternehmern wurde starkes Interesse an einem Assistenzsystem zum Überladen bekundet. Der Hauptanreiz wird dabei im Komfortgewinn und der damit verbundenen Leistungssteigerung gesehen. Die Spanne der Investitionsbereitschaft liegt für die Befragten zwischen 1 000,-€ und 8 000,-€.

Belastbare Daten über den Preis eines zukünftigen Serienproduktes liegen nicht vor. Zur Wirtschaftlichkeitsanalyse wurde daher die Obergrenze der Investitionsbereitschaft als Systempreis angesetzt. Durch die Fahrerentlastung wird eine Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit möglich [7]. Bei einer Geschwindigkeitserhöhung um 0,25 km/h und 1300ha/Jahr Häckselleistung würde sich das ASÜL innerhalb von sechs Jahren amortisieren.

Zusammenfassung und Ausblick

In Feldversuchen konnten die Funktionalität des ASÜL sowie eine Entlastung der Fahrer nachgewiesen werden. Lohnunternehmer bekundeten ein starkes Interesse am ASÜL, der erwartete Nutzen liegt vorrangig in der Entlastung der Fahrer und der damit verbundenen Leistungssteigerung.

Das ASÜL kann bereits deutlich zur Entlastung der Maschinenbediener beitragen. Der Grad des Komfortgewinns hängt jedoch stark von der gewählten Beladungsstrategie ab. Zur weiteren Entlastung der Fahrer muss der Beladungsvorgang vollständig automatisiert werden. Dazu muss das Befüllen abhängig vom Beladungszustand der Transporteinheit ermöglicht werden. Hierzu ist einerseits geplant, einen Füllstandssensor in das ASÜL zu integrieren. Ein Prototyp wird an der TU Braunschweig entwickelt [8]. Andererseits sollen auch alternative Sensoren

zur Bestimmung von Relativposition und Füllstand getestet werden. Ein weiterer Ansatz ist die Entwicklung einer modellbasierten Beladungssteuerung.

Literatur

- [1] Wallmann, G., und H.-H. Harms : Assistenzsystem zur Überladung landwirtschaftlicher Güter. Landtechnik 57 (2002), H. 6, S. 352-353
- [2] Weltzien, C., F. Graefe, I. Bönig und H.-H. Harms : Automatisierung des Überladevorganges am Feldhäcksler. Landtechnik 59 (2004), H. 4, S. 260 - 261
- [3] Weltzien, C., F. Graefe, I. Bönig und N. Diekhans : Automatisierte Überladung bei selbstfahrenden Feldhäckslern. Tagungsband 62. VDI-MEG Jahrestagung Landtechnik, 7. und 8.10. 2004, Dresden, VDI-Berichte Nr. 1855, 2004, S.123 - 130. ISBN 3-18-091855-1
- [4] ISO 17287:2003, Deutsche Fassung EN 17287:2003. Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen. Verfahren zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit beim Führen eines Kraftfahrzeuges
- [5] Hart, S.G., and L.E. Staveland : Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In: Hancock, P.A.; Meshkati, N. (Hrg.), Human Mental Workload. Elsevier Science Publishers B.V., North-Holland, 1988, pp. 139-183
- [6] Vejvoda, M., A. Samel, H. Maaß, N. Luks, A. Linke-Hommers, M. Schulze, L. Mawet und H. Hinninghofen : Untersuchungen zur Beanspruchung des Kabinenpersonals auf transmeridianen Strecken. DLR-Forschungsbericht ISRN, DLR-FB-2000-32, 2000, S.14-16, Abrufbar unter: http://www.dlr.de/me/publikationen/abstracts/fbkabine2000-32b_ge.pdf
- [7] Feiffer, A.: Lenkhilfen sind echte Hilfen. Lohnunternehmer, 60 (2005), H. 7, S. 26 - 20
- [8] Graefe, F., C. Weltzien, W. Schumacher und H.-H. Harms : Füllstandsermittlung zur automatisierten Überladung bei selbstfahrenden Feldhäckslern. Beitrag im Tagungsband 63. VDI-MEG Jahrestagung Landtechnik, 4. und 5. 11. 2005, Hannover, VDI-Berichte, 2005

Bild 3: Subjektive Beurteilung der Arbeitsbelastung des Traktorfahrers, NASA-TLX Verfahren; steigender Kennwert bedeutet höhere Belastung.

Fig. 3: Subjective assessment of tractor driver's work load according to NASA-TLX procedure; an increasing index indicates a higher work load

