

Automatisierung des Überladevorganges am Feldhäcksler

An der TU-Braunschweig wird ein Assistenzsystem zur Überladung im Parallelverfahren entwickelt. Das Assistenzsystem ermöglicht es, den Überladevorgang in Teilen zu automatisieren, um die Fahrer des selbstfahrenden Feldhäckslers und der Transporteinheiten zu entlasten. Das System basiert auf der Relativpositionsermittlung zwischen den Fahrzeugen mittels GPS sowie der automatischen Steuerung des Auswurfkrümmers.

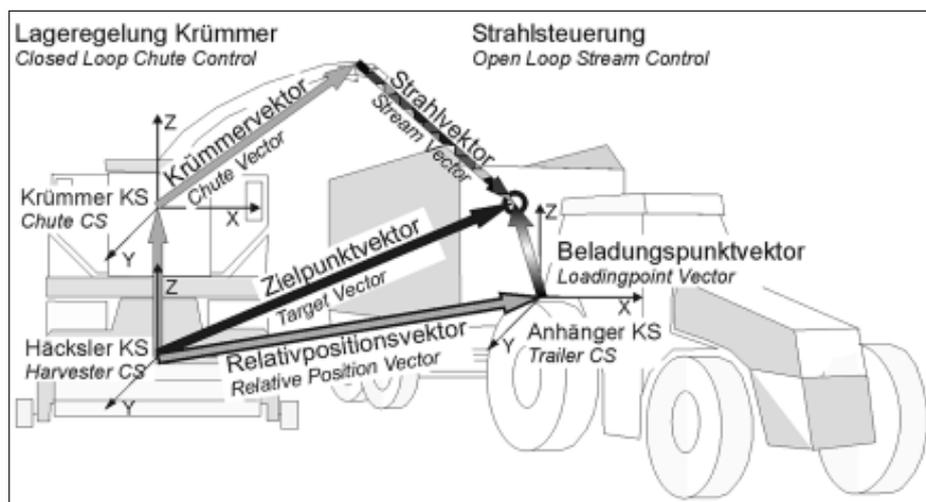


Bild 1: Strahlsteuerung des Überladeassistentensystems Fig. 1: Open loop stream control

Dipl.-Ing. (FH) Cornelia Weltzien sowie Dipl.-Ing. Ingo Bönig sind wissenschaftliche Mitarbeiter 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; e-mail: Graefe@ifr.ing.tu-bs.de

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 NAVSYS.

Schlüsselwörter

Überladung, Beladungssteuerung, GPS, Relativposition

Keywords

Overloading, loading process control, GPS, relative positioning

Literatur

[1] Wallmann, G. und H.-H. Harms: Assistenzsystem zur Überladung landwirtschaftlicher Güter. Landtechnik 57 (2002), H.6, S. 352-353

Bei Feldhäckslern ist ein Trend zu immer leistungsstärkeren Maschinen zu erkennen. Entsprechend steigt auch die Transportkapazität der Transporteinheiten weiter an. Um bei der Überladung im Parallelverfahren den Anhänger vollständig und ohne Verluste zu beladen sowie Kollisionen zu vermeiden, ist hohe Aufmerksamkeit durch die Fahrer notwendig. Diese Anforderungen wachsen mit steigender Geschwindigkeit noch an.

An der TU Braunschweig wird daher das Automatisierungspotenzial des Überladevorgangs untersucht. Hierzu wird vom Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik (ILF) und dem Institut für Regelungstechnik (IfR) ein Überladeassistentensystem entwickelt.

Das Überladeassistentensystem

Positionsermittlung

Die aktuelle Relativposition der Fahrzeuge zueinander sowie die Lage der Fahrzeuge im Raum werden mit einem Multi-Empfänger-GPS-System mit hoher Genauigkeit bestimmt. Dieses GPS System ist ein Prototyp. Die Entwicklung erfolgt in Zusammenarbeit der Firma NAVSYS mit dem IfR. Mit mathematischen Fahrzeugmodellen wird die Relativposition zwischen Krümmer und Anhänger berechnet.

Strahlsteuerung

Zum Anpeilen des Zielpunktes wird der Krümmer in seiner Lage geregelt, dadurch wird der Abstrahlwinkel des Schüttgutstrahles bestimmt. Da der eigentliche Auftreffpunkt jedoch nicht ermittelt wird, handelt es sich um eine Strahlsteuerung.

Der Beladungspunktvektor beschreibt den Auftreffpunkt auf der Ladefläche des Anhängers. Aus der Summe von Relativposition (Krümmer zu Anhänger) und dem Beladungspunktvektor ergibt sich der Zielpunktvektor. Aus dem Zielpunktvektor werden, mit Hilfe der in Simulink abgebildeten Krümmerskinematik, die Sollwerte für den Krümmerschwenkwinkel und den Klappenwinkel berechnet.

Auf dem Häcksler ist eine dSpace-Plattform installiert, hier erfolgt die Lageregelung des Krümmers. Es werden die Winkelsensoren für die Drehachsen des Krümmers (Ist-Winkel) eingelesen, die Soll-Winkel berechnet, verglichen und anschließend die Stellsignale an die Aktuatoren ausgegeben.

Mit dem Häckselgutstrahl kann so ein fester Punkt auf dem Anhänger angepeilt werden. Durch Nachführen des Krümmers und der Klappe wird der Zielpunkt auch bei variabler Relativposition eingehalten.

Das Fahrerleitsystem besteht aus einer am Häcksler montierten LED-Leiste („Ampel“), hierüber wird dem Traktorfahrer die

optimale Relativposition entsprechend des aktuellen Beladungsvorganges angezeigt. Bei Kurvenfahrt verhindert die Positionsvorgabe zum Beispiel, dass Bereiche angefahren werden, in die der Krümmer aufgrund des nach vorne eingeschränkten Schwenkbereiches nicht folgen kann.

Die Beladungsstrategien

Die automatische *Sollwertgenerierung*, also die Vorgabe des Beladungspunktvektors erfolgt zum aktuellen Entwicklungsstand rein zeitabhängig. Der Beladungspunkt wird dabei zeitabhängig entweder in Sinusschleifen oder in einem Dreiecksmuster sowohl in Fahrtrichtung als auch quer zur Fahrtrichtung auf dem Anhänger verschoben. Die Befüllung erfolgt dadurch gleichmäßig über die gesamte Ladefläche, bis sie vom Bediener beendet wird.

Zur Beladungssteuerung werden zwei unterschiedliche Strategien untersucht. Beladen wird stets mit der automatischen, zeitabhängigen Sollwertvorgabe, die Krümmerhöhe wird dabei manuell vom Häckslerfahrer eingestellt und konstant gehalten. Die Querverteilung des Gutes wird durch die Klappenbewegung unterstützt.

Beladungsstrategie 1, Krümmer schwenken minimieren:

Die Variation des Beladungspunktes auf dem Anhänger in Fahrtrichtung wird ausschließlich durch den Traktorfahrer angepasst. Dazu zeigt das Fahrerleitsystem dem Traktorfahrer die Position an.

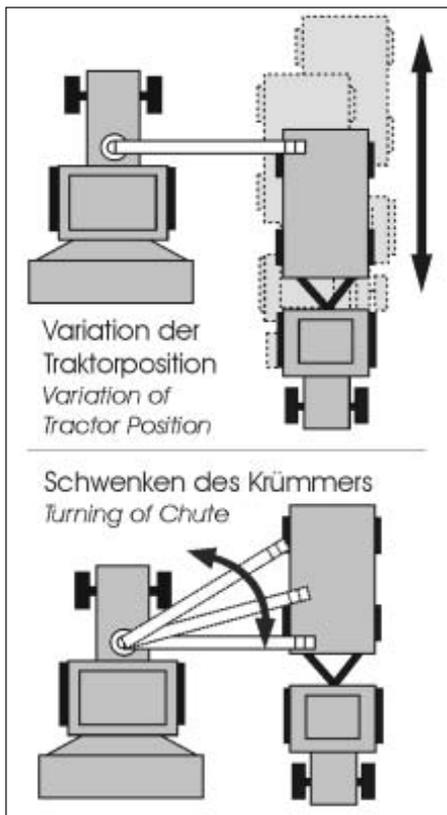


Bild 3: Beladungsstrategie, Anpassen des Auftreffpunktes

Fig. 3: Adjustment of incident point

Beladungsstrategie 2, Relativbewegung des Traktors minimieren:

Der Traktorfahrer hält die Relativposition konstant. Die Variation des Beladungspunktes auf der Ladefläche geschieht durch Schwenken des Krümmers.

Ergebnisse und Diskussion

Die ersten Versuche während der Grasernte zeigen, dass die Funktionalität des Systems gewährleistet ist. Die Treffsicherheit beim Überladen mit realem Gutstrom liegt bei 0,5 m. Eine verlustfreie Beladung ist unter Einhaltung eines Sicherheitsabstandes des Strahles zur Bordwand möglich. Der Sicherheitsabstand schränkt die vollständige Beladung des Anhängers nicht ein, da sich beim Beladen ein Schüttgutkegel ausbildet, der auch die Randzonen mitbefüllt. Reduziert wird die Genauigkeit vor allem durch mechanisches Spiel in Sensor-, Krümmer- und Klappenanlenkung und den daraus resultierenden Toleranzen der Lageregelung, welche die Stellgenauigkeit weiter senken. Darüber hinaus haben exogene Störgrößen wie der Windeinfluss oder die Materialeigenschaften des Häckselgutes bisher noch keine Berücksichtigung gefunden.

Mit *Beladungsstrategie 1* - Schwenkbewegung des Krümmers minimieren - ist dieses

zwar möglich, allerdings wird der Traktorfahrer dadurch stärker beansprucht, da die gleichmäßige Befüllung des Anhängers durch Vor- und Zurückfahren des Traktors erfolgt. Vorteil der Beladungsstrategie 1 ist der kurze Gutstrahl in querab Position des Krümmers. Ein ungeübter Fahrer ist über die Positionsvorgaben in der Regel erleichtert, wohingegen ein geübter Fahrer zunächst versucht ist, den Beladungsvorgang selbst zu steuern und so mit der Automatik in Konflikt gerät.

Bei *Beladungsstrategie 2* - Minimierung der Traktorrelativbewegung - steigt, durch das weite Verschwenken des Krümmers nach hinten, die Gutstrahllänge deutlich an. Dadurch vergrößert sich die Angriffsfläche für windbedingte Verluste, aber der Traktorfahrer wird entlastet.

In beiden Fällen erleichtert die gleichmäßige Befüllung des Anhängers die Überwachung des Beladungsvorganges für die Fahrer. Es muss nur noch der Beladungsvorgang beendet werden, sobald der Schüttgutkegel an einer Stelle über die Anhänger Bordwand steigt. Damit können sich die Fahrer stärker auf die Auslastung der Maschinen konzentrieren, und der Zeitanteil der unergonomischen rückwärts gedrehten Haltung wird stark reduziert.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Funktionalität des Assistenzsystems konnte bei ersten Ernterversuchen nachgewiesen werden. Das System erleichtert ungeübten Fahrern die Aufgabe des Überladens deutlich. Geübte Fahrer sind durch das „Eigenleben“ des Krümmers anfangs eher irritiert. Weitere automatische Sollwertvorgaben für die Beladungsstrategien sind momentan in Bearbeitung. Geplant ist zunächst eine durchsatzabhängige Anpassung des Beladungspunktes, die zu einer füllstandsabhängigen Sollwertvorgabe mit automatisierter Überwachung des Füllstandes und des Ladevorganges weiterentwickelt werden soll. Hierzu wird vom IfR ein Füllstandsensor auf Basis einer Bildauswertung entwickelt.

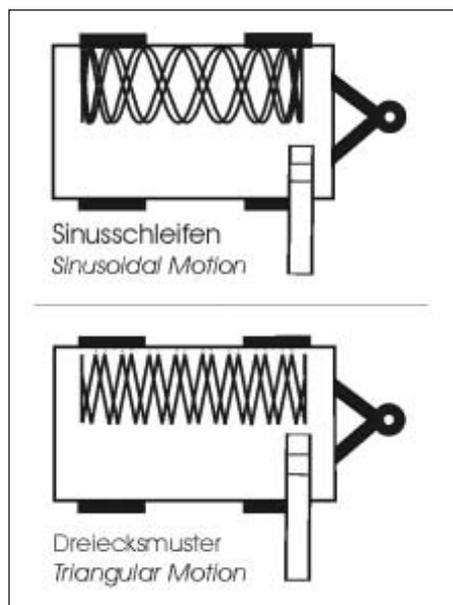


Bild 2: Beladungsstrategie, Sollwert Beladungspunktvektor

Fig. 2: Set point, loading point vector