

Thorsten Stamm von Baumgarten und Hans-Heinrich Harms, Braunschweig

Einsatzmöglichkeiten von Positions- und Geschwindigkeitssensoren in der Mobilhydraulik

Seit der Markteinführung elektrisch angesteuerter Ventile hat die Nachfrage nach anwendungsorientierten Maschinenfunktionen im Bereich der Land- und Baumaschinen stetig zugenommen. Aus diesem Grund hat der Automatisierungsgrad mobilhydraulischer Systeme zunehmend an Bedeutung gewonnen.

Um einige Möglichkeiten der Automatisierung darzustellen, wurden im Rahmen eines Projekts die Hubzylinder eines Frontladers mit Positions- und Geschwindigkeitssensoren ausgestattet. In diesem Zusammenhang werden die Geschwindigkeitsregelung, die Endlagendämpfung und eine flexible Arbeitsraumbegrenzung eines Frontladers am Beispiel eines Traktors mit angebautem Frontlader erläutert und dargestellt.

Dipl.-Ing. Thorsten Stamm von Baumgarten ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H.-H. Harms) der Technischen Universität Braunschweig, Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig; e-mail: t.baumgarten@tu-bs.de

Schlüsselwörter

Mobilhydraulik, Automatisierung, Assistenzsysteme

Keywords

Mobile hydraulics, automation, assistance systems

Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

[1] • Heimann, B., W. Gerth und K. Popp: Mechatronik, Komponenten – Methoden – Beispiele. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, 2001

Zum Stand der Technik gehört, dass Anbaugeräte wie zum Beispiel Frontlader mobiler Arbeitsmaschinen über eine Eingabeperipherie, beispielsweise einen Joystick, von dem Bediener gesteuert werden. Zum einen ist das Bewegungsverhalten des Frontladers von dem jeweiligen Bediener, zum anderen von den Parametern wie Temperatur des Hydrauliköls, Lastdruck oder ziehende/drückende Lasten abhängig. Das hat zur Folge, dass für eine vordefinierte Bewegung des Frontladers der Bediener aufgrund der Variation der Parameter ständig nachkorrigieren muss.

Geschwindigkeitsregelung

Aufgrund der Position des Bedieners relativ zum Frontlader – die Blickrichtung des Bedieners ist orthogonal zu den beiden Rotationsachsen des Frontladers – kann der Bediener den Bewegungsverlauf des Frontladers schlecht einschätzen. Aus diesen Gründen wurde eine softwarebasierte Geschwindigkeitsregelung für den Frontlader eingebaut. Der Vorteil der Regelung gegenüber der Steuerung ist die Kompensation der Geschwindigkeitsabweichungen, die aufgrund der Parametereinflüsse entstehen und ständig variieren. Diese können zu einer Abweichung zwischen Soll- und Ist-Geschwindigkeit der Frontladerzylinder von bis zu 20 % führen. Die Geschwindigkeitsabweichung spielt bei der Steuerung einzelner Achsen keine Rolle. Sobald aber synchronisierte Bewegungsabläufe mehrerer hintereinander zusammenhängender Achsen (etwa Schwinge und Werkzeug des Frontladers) stattfinden sollen, addieren sich die Geschwindigkeitsabweichungen der einzelnen Achsen zu einem Gesamtfehler und bewirken, dass die definierten Bewegungsabläufe nicht mehr eingehalten werden können. Durch den Einsatz der Geschwindigkeitsregelung der einzelnen Achsen wird der absolute Fehler auf ein Minimum reduziert, die vorgegebenen Bewegungsabläufe der Achse werden besser eingehalten.

Endlagendämpfung

Zylinderdämpfer haben die Aufgabe, das unverzögerte Zusammentreffen des Zylinderkolbens mit dem Zylindergehäuse zu verhindern. Dadurch werden die Belastungen der Lager reduziert und gleichzeitig die Lebensdauer der Komponenten erhöht. Da sich die Stoßimpulse, die beim Zusammentreffen der Zylinderteile entstehen, auch auf den Bediener übertragen und deshalb eine physische Belastung darstellen, bewirkt eine Zylinderdämpfung eine Verlängerung des Wohlbefindens des Bedieners.

Zum Stand der Technik zählen mechanische und hydraulische Endlagendämpfungen. Sie erfüllen im Grunde genommen die obigen Anforderungen. Es darf aber nicht außer Acht gelassen werden, dass ein erheblicher Aufwand für die Implementierung der mechanischen oder hydraulischen Komponenten zur Dämpfung in den Zylindern entsteht. Der Vorteil hydraulischer gegenüber mechanischer Endlagendämpfung ist, dass mit Hilfe einer Verstelldrossel der Dämpfungsgrad variabel eingestellt werden kann. Die Variabilität des Dämpfungsgrades erlaubt eine Anpassung der Dämpfung an den jeweiligen Arbeitsvorgang, so dass beispielsweise das „Abschlagen“ von Resten, wie etwa feuchte Erde in der Frontladerschaufel, am Ende des Verladeprozesses möglich ist. Die Verstellmöglichkeit hydraulischer Dämpfer kann aber trotzdem nicht kontinuierlich erfolgen, ohne dass der Bediener seinen Führerstand verlassen muss. Aus diesem Grund wird mit den schon zur Verfügung stehenden Positions- und Geschwindigkeitssensoren sowie elektrisch angesteuerten Ventilen eine softwarebasierte Endlagendämpfung realisiert.

Die Endlagendämpfung ist eine Funktion der Position und Geschwindigkeit des Zylinderkolbens und des eingestellten Dämpfungsgrades. Die Steigung der Funktion setzt sich aus der Position und Geschwindigkeit des Zylinderkolbens und dem eingestellten Dämpfungsgrad zusammen. Der stationäre Wert der Funktion wird durch eine vordefinierte Restöffnung des Ventils fest-

gelegt. Eine minimale Restöffnung des Ventils ist ausschlaggebend für die Endlagendämpfung, da nur durch diese das Erreichen der Endlagen des Zylindergehäuses durch den Zylinderkolben ermöglicht wird. Die softwarebasierte Endlagendämpfung weist gegenüber der mechanischen und hydraulischen Endlagendämpfung einige Vorteile auf. Zum einen kann der Dämpfungsgrad zu jeder Zeit vom Führerstand durch seine Eingabe an die Anforderungen des jeweiligen Arbeitsprozesses angepasst werden. Des Weiteren ist ein verzögerungsfreies Verfahren des Zylinderkolbens aus der jeweiligen Endlage möglich, was im Gegensatz dazu bei mechanischen oder hydraulischen Endlagendämpfungen nicht immer möglich ist. Durch die schon vorhandenen Sensoren entstehen keine zusätzlichen Kosten.

Arbeitsraumbegrenzung

Lader, Bagger und ähnliche mobile Maschinen werden oft an Orten eingesetzt, an denen der Bediener kontinuierlich die Bewegung der Maschinen relativ zur Umwelt beachten muss, damit Kollisionen vermieden werden. Ein Beispiel ist der Einsatz von Mobilbaggern im Schienenbau. Im Betrieb muss der Bediener des Mobilbaggers beachten, dass Ausleger oder Stiel keinen Kontakt zu den Strom führenden Oberleitungen herstellen, da dieses schwerwiegende Folgen nach sich ziehen würde. Diese zusätzliche Beanspruchung für den Bediener wirkt sich natürlich nachteilig auch auf dessen Konzentration aus. Zudem steigt über die Betriebsdauer die Wahrscheinlichkeit eines Unfalles. Aus diesem Grund wurde im Rahmen des Projektes die Möglichkeit einer Arbeitsraumbegrenzung für einen Frontlader als Beispiel entwickelt und erfolgreich implementiert. Im folgenden Abschnitt wird ein kurzer Einblick in den Ansatz und die Umsetzung der Arbeitsraumbegrenzung gegeben.

Das Ziel der Arbeitsraumbegrenzung ist die Bewegungsfreiheit des Frontladers in horizontaler und vertikaler Richtung flexibel zu begrenzen. Der Frontlader wird als Mehrkörpersystem [1] betrachtet (Bild 1). Das Werkzeug, in diesem Fall eine Schaufel, wird durch ein virtuelles Rechteck mit den dazugehörigen Eckpunkten P_1, \dots, P_4 definiert, damit die Geometrie des Werkzeuges berücksichtigt wird. Durch die Anpassung der Dimensionen des virtuellen Rechtecks können weitere Werkzeuge genutzt werden. Im nächsten Schritt werden Koordinatensysteme eingeführt. Mit Hilfe der Transformationsmatrix werden die Eckpunkte P_N von einem Koordinatensystem zum nächsten transformiert. Mit Hilfe der direkten Kinematik werden die Relativkoordinaten der Eckpunkte bezogen auf das Fahrzeugkoordinatensystem X_0/Y_0 berechnet. Dieser Schritt erlaubt dem Benutzer, kontinuierlich mit Hilfe einer optischen Anzeige der Koordinaten der Eckpunkte P_1, \dots, P_4 den vertikalen und horizontalen Abstand des Werkzeugs relativ zum Fahrzeugkoordinatensystem festzustellen und zu steuern. Für den Fall, dass die Position des Werkzeugs in vertikaler Richtung begrenzt werden soll, wird im ersten Schritt die entsprechende Position, die die Begrenzung darstellt, angefahren. Im nächsten Schritt werden per Bediengerät (beispielsweise ein Zweiachsen-Joystick mit mehreren Funktionsknöpfen) die y-Koordinate (bei horizontaler Begrenzung die x-Koordinate) der angefahrenen Position in einem Datenspeicher der Arbeitsraumbegrenzungsfunktion abgelegt. Anschließend wird die Arbeitsraumbegrenzung ebenfalls per Bediengerät eingeschaltet. Sobald der Bediener das Werkzeug in Richtung der eingestellten Begrenzung verfährt, passt die Arbeitsraumbegrenzungsfunktion beim Unterschreiten eines festgelegten Minimalabstandes zwischen der aktuellen Position des Werkzeuges und der abgespeicherten Begrenzung die Geschwindigkeitssollwerte der Geschwindigkeitsregler so an, wie sie vom Bediener per Bediengerät vorgegeben worden sind. Die Arbeitsraumbegrenzung wird automatisch deaktiviert, sobald das Werkzeug in die entgegengesetzte Richtung zur Begrenzung verfahren wird. Durch diese Funktion ist es möglich, den Bediener der Maschine weiter zu entlasten.

natensystem X_0/Y_0 berechnet. Dieser Schritt erlaubt dem Benutzer, kontinuierlich mit Hilfe einer optischen Anzeige der Koordinaten der Eckpunkte P_1, \dots, P_4 den vertikalen und horizontalen Abstand des Werkzeugs relativ zum Fahrzeugkoordinatensystem festzustellen und zu steuern. Für den Fall, dass die Position des Werkzeugs in vertikaler Richtung begrenzt werden soll, wird im ersten Schritt die entsprechende Position, die die Begrenzung darstellt, angefahren. Im nächsten Schritt werden per Bediengerät (beispielsweise ein Zweiachsen-Joystick mit mehreren Funktionsknöpfen) die y-Koordinate (bei horizontaler Begrenzung die x-Koordinate) der angefahrenen Position in einem Datenspeicher der Arbeitsraumbegrenzungsfunktion abgelegt. Anschließend wird die Arbeitsraumbegrenzung ebenfalls per Bediengerät eingeschaltet. Sobald der Bediener das Werkzeug in Richtung der eingestellten Begrenzung verfährt, passt die Arbeitsraumbegrenzungsfunktion beim Unterschreiten eines festgelegten Minimalabstandes zwischen der aktuellen Position des Werkzeuges und der abgespeicherten Begrenzung die Geschwindigkeitssollwerte der Geschwindigkeitsregler so an, wie sie vom Bediener per Bediengerät vorgegeben worden sind. Die Arbeitsraumbegrenzung wird automatisch deaktiviert, sobald das Werkzeug in die entgegengesetzte Richtung zur Begrenzung verfahren wird. Durch diese Funktion ist es möglich, den Bediener der Maschine weiter zu entlasten.

Zusammenfassung

Durch den Einsatz von integrierten Positions- und Geschwindigkeitssensoren wurden in diesem Beitrag drei mögliche Funktionen dargestellt, mit deren Hilfe Bediener von

Bau- und Landmaschinen während des Betriebs entlastet werden können.

Durch Einführung der Geschwindigkeitsregelung wird die stationäre Genauigkeit der Zylinderdrehgeschwindigkeiten, welche durch die Parameter Öltemperatur, Lastdruck und so weiter negativ beeinflusst wird, erhöht. Durch diese Maßnahme ist es möglich, in weiteren Schritten automatisierte Bewegungsabläufe für wiederholende Arbeitsgänge, wie etwa das Verladen von Gütern, zu realisieren.

Die Assistenzfunktionen Endlagendämpfung und flexible Arbeitsraumbegrenzung tragen zum Komfort für den Bediener bei. Die Endlagendämpfung erhöht zusätzlich die Lebensdauer der Komponenten. Die Arbeitsraumbegrenzung entlastet den Bediener insoweit, dass dieser weniger auf Kollisionen der Maschine mit der Umgebung achten muss. Durch die softwareseitige Realisierung der genannten Funktionen können diese problemlos ein- und ausgeschaltet werden. Zudem können ebenfalls der Dämpfungsgrad der Endlagendämpfung oder der Begrenzungspunkt der Arbeitsraumbegrenzung den Arbeitsbedingungen entsprechend angepasst werden. Ein weiterer Vorteil ist die Übertragbarkeit der Funktionen auf ähnliche mobilhydraulische Systeme unter der Voraussetzung, dass entsprechende Sensoren vorhanden sind. Eine Weiterentwicklung bezogen auf die Arbeitsraumbegrenzung kann beispielsweise der Einbau eines RTK-Systems sein. Mit dessen Hilfe kann die Relativbewegung der Maschine erfasst werden, um den Nutzbereich der Arbeitsraumbegrenzung zu erweitern.

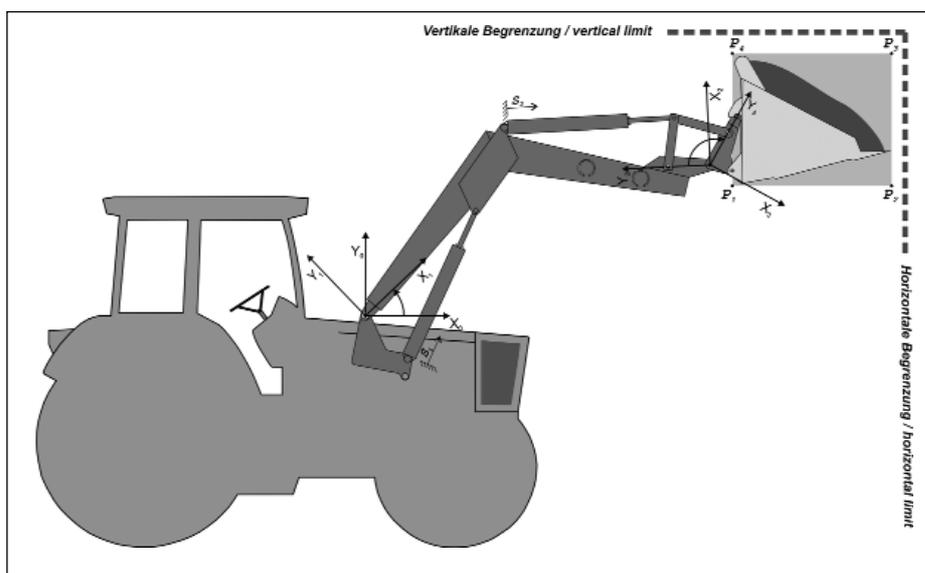


Bild 1: Arbeitsraumbegrenzung

Fig. 1: Approach to flexible workspace zoning