

# Strategien für den automatisierten Frontladerbetrieb

*Durch elektronische Ansteuerung des Frontladers können Arbeitsvorgänge mit Hilfe automatischer Funktionen vereinfacht werden. Es ist möglich, Schwinge und Werkzeug eines Frontladers gezielt zu positionieren, indem die Ventile ihrer hydraulischen Zylinder elektronisch angesteuert werden. Dabei können zyklisch wiederkehrende Bewegungsabläufe automatisch ablaufen. Dies ist über ein Steuerungssystem ohne Lagesensoren am Frontlader möglich oder aber mit unterschiedlichen Lage-, Geschwindigkeits- und Winkelsensoren. Für die Bedienperson ist der teilautomatisierte Betrieb nur dann ein Zugewinn, wenn die Mensch-Maschine-Schnittstellen im Hinblick auf ergonomische, sicherheits- und steuerungstechnische Aspekte optimiert sind.*

Dipl.-Ing. Julia Heppner 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: [j.heppner@tu-bs.de](mailto:j.heppner@tu-bs.de)

## Schlüsselwörter

Frontlader, Steuerung, Regelung, Automatisierung

## Keywords

Front-end-loader, closed-loop and open-loop control, automation

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 04609 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Es existieren vielseitige Möglichkeiten, durch eine elektronische Ansteuerung des Frontladers Arbeitsabläufe zu automatisieren. Schwinge und Werkzeug eines Frontladers können gezielt positioniert werden, indem die Ventile der entsprechenden hydraulischen Zylinder elektronisch angesteuert werden. Dabei können besonders solche Bewegungsabläufe effektiv automatisiert werden, die häufig wiederkehren. Dies ist beispielsweise der Entleervorgang der Schaufel beim Schüttgutladen, welcher bei klebrigem Schüttgut eine ruckartige Bewegung der Schaufel erfordert. Auf der einen Seite kann die Automatisierung im regelungstechnischen Sinn als reine Steuerung, ohne Sensoren an den Frontladerzylindern, realisiert werden. Auf der anderen Seite kann die Zylinderverstellung auch in einem Regelungssystem mit Positions-, Geschwindigkeits- oder Winkelsensoren erfolgen.

### Automatisierung

Der Zweck eines automatisierten Frontladerbetriebs liegt in der Erhöhung und Stabilisierung der Arbeitsleistung des gesamten Arbeitsprozesses. Zudem sollen die Anforderungen an den Fahrer des Traktors mit Frontlader verringert und der Komfort erhöht werden. Am Beispiel des Frontladerarbeitsspieles Schüttgut-Laden wird verdeutlicht, dass der Arbeitsprozess aus sich wiederkehrenden Funktionsabläufen besteht.

Bei der Modellierung des Arbeitszyklus können eine Vielzahl von Ansätzen gewählt werden. In [1] wird ein zyklisch wiederkehrender Frontlader-Arbeitsprozess als Flussdiagramm modelliert. Bild 1 zeigt hingegen ein Beispiel des typischen Verlaufs der normierten Zylinderlängen beim Schüttgutladen und die Einteilung der Bewegungsabläufe in einzelne Funktionen A bis E. Die einzelnen Buchstaben stehen im Arbeitszyklus  $t_0$  bis  $t_1$  für folgende typische Funktionen: A: Schwinge zum Beladen auf Schüttgutniveau bringen, B: Werkzeug ankippen bei gleichzeitigem Heben der Schwinge, C: Schwinge heben und entladen, D: automatisches Schütteln der Schaufel, E: Rückpositionierung in waagerechte Schaufelposition zum erneuten Beladen. Die Bewegungen der Zylinder bieten eine großes Potenzial zur Automatisierung, während sich der Traktorfahrer auf die notwendigen Fahrmanöver des Fahrzeuges konzentrieren kann.

### Steuerung

Durch die Entwicklung von geeigneten Bedienungsstrategien kann eine Ansteuerung der Frontladerzylinder ohne den Einsatz von Längensensoren vorgenommen werden. Technische Grundvoraussetzung hierfür ist ein Load-Sensing-Hydrauliksystem mit elektro-hydraulischen Proportionalventilen, Drucksensoren in den Arbeitsanschlüssen und eine geeignete Steuerelektronik.

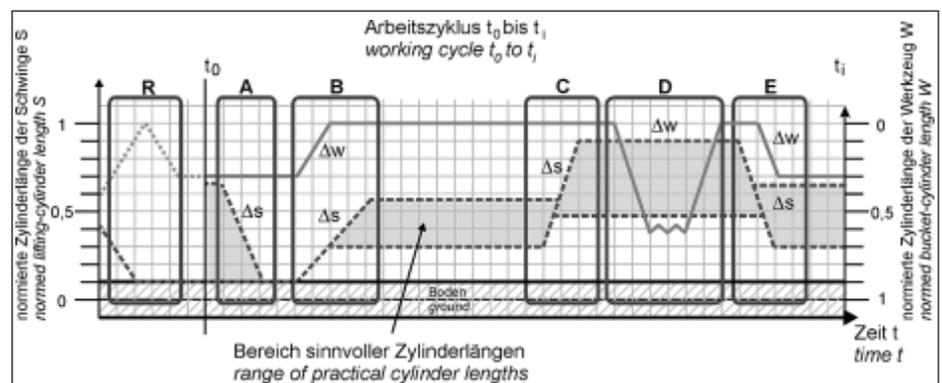


Bild 1: Automatisierbare Abläufe A bis E bei einem typischen Arbeitszyklus des Schüttgut-Ladens

Fig. 1: Classification of the functions A to E of a typical working cycle of bulk loading with a high potential for automation

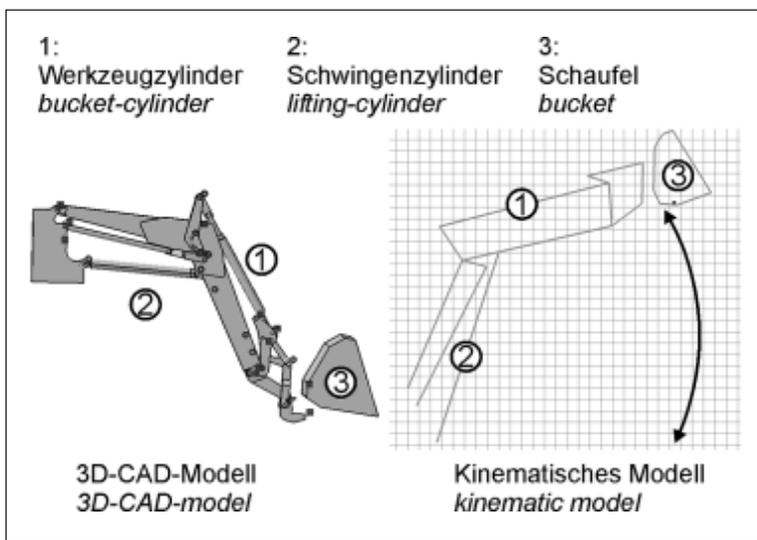


Bild 2: Modellierung der kinematischen Zusammenhänge des Frontladers

Fig. 2: Model of the kinematic interrelationships of a front-end-loader

Für die Betriebsstrategie ist unter anderem ein wiederkehrender Vorgang der Referenzierung (Funktion R in Bild 1) der Zylinderlänge unumgänglich. Darüber hinaus ist die Kenntnis über die Durchflusscharakteristik der Ventile in Form von Kennfeldern notwendig. Bei einem derartigen System werden die Zylinderlängen nicht mit Sensoren erfasst, sondern es werden mit Hilfe von Lastdrucksignalen aus den Zylinderkammern nach einer Systematik wie in [2] beschriebenen Systeminformationen rückgekoppelt und damit verschiedene Prozesszustände ermittelt. Die Steuerung der Ventile sieht eine Einstellung der Öffnungsdauer und des Öffnungsgrades der Ventile vor, die dann zu einer Längenänderung der Zylinder führt. Das Konzept ermöglicht schrittweise Änderungen der Zylinderlängen, aus welchen ein automatisierter Ablauf generiert werden kann. Den technischen Schwierigkeiten beim gleichzeitigen Betrieb von mehreren Verbrauchern oder aufgrund ziehender Lasten wird in einer geeigneten Steuerungsstrategie begegnet.

In Bild 2 ist das Modell eines handelsüblichen Frontladers in Form einer 3D-Konstruktionszeichnung (links) und in einer Kopplung von Einzelelementen (rechts) dargestellt. Die Bewegungsmöglichkeiten aufgrund der Längenänderungen der Zylinder konnten so modelliert und Zusammenhänge bei der Ansteuerung von Schwingen- und Werkzeugzylindern analysiert werden.

Zu Beginn der Arbeit mit dem Frontlader ist die Aufgabensituation dem Steuerungssystem unbekannt, und einzelne Parameter sind voraussichtlich noch nicht optimal eingestellt. Bei dem ersten Arbeitsspiel muss die Betriebsperson demnach einzelne Funktionen manuell auswählen und Parameter wie Werkzeugwinkel oder Hubhöhenänderung einstellen. Das erste Arbeitsspiel kann für eine Art „Makroprogrammierung“ genutzt werden, so dass bei den darauf folgenden Arbeitsspielen eine Programmierung vorliegt, die bei einem entsprechenden Arbeitsprozess die dazugehörige Funktion bereitstellt.

Das Ziel einer Teilautomatisierung liegt darin, dass die einzelnen Funktionsabläufe mit Schwingen- und Werkzeugbewegung auf Knopfdruck ausgelöst werden können und auf diese Weise der Mensch in hohem Maße entlastet wird. Trotz der Betriebsunterstützung ist der Mensch weiterhin als zentrales Element in dem übergeordneten Mensch-Maschine-Umwelt-System wichtig, da durch die reine Steuerung der Zylinder die Einflüsse in Form von Störgrößen aufgrund des Umfeldes nicht einzukalkulieren sind. Bild 3 zeigt die Struktur des Mensch-Maschine-Umwelt-Systems mit dem Menschen in der Aufgabe als Regler und Sensor.

### Ablaufreglung

Mit höherem Bedienkomfort und besserem Leistungsumfang können automatische Frontladerfunktionen durch den Einsatz von Sensoren an den Zylindern realisiert werden. Je nach Anspruch an die Regelgüte und Anzahl der gleichzeitig zu bewegenden Zylinder können hier zum Beispiel integrierte Geschwindigkeitssensoren, wie in [3] beschrieben, eingesetzt werden.

Die Prozessabläufe mit hohem Automatisierungspotenzial werden durch unterschiedliche Konzepte realisiert. Einige Systeme, die in der Praxis realisiert worden sind, sind unter anderem die elektro-hydraulische Parallelführung [4], die automatische Werkzeughückführung [5] oder eine automatische Neigungsregulierung des Werkzeuges [6].

Bei allen Funktionen wird das Ziel verfolgt, möglichst einfach mit Hilfe der elektrischen Betätigung der Hydraulikventile dem Menschen die Arbeit zu vereinfachen. Derartige automatische Funktionen werden durch den Einsatz von Wegsensoren, Geschwindigkeitssensoren, Neigungssensoren oder durch Kontaktschalter ermöglicht. Eine vollständige Ablaufsteuerung mit der Möglichkeit, die Schwinde und das Werkzeug mehrfach hintereinander unterschiedliche Bewegungen ausführen zu lassen, wurde in [7] im Konzept vorgestellt. Derzeit wird jedoch kein komplettes automatisiertes Frontladerkonzept angeboten. Der enorme Aufwand zur Entwicklung eines sicher arbeitenden Systems und die damit verbundenen hohen Kosten haben die Verbreitung sicherlich bis jetzt verhindert.

Durch den vermehrten Einsatz von Elektronik an modernen Traktoren wird sich der Trend zum Einsatz von automatisierbaren Arbeitsfunktionen am Frontlader immer mehr ausweiten, die Bereitstellung geeigneter Sensoren und Regelungselemente steht daher im Mittelpunkt vieler Entwicklungsarbeiten.

### Bedienstrategien

Der durch die automatischen Verstellmöglichkeiten resultierende erweiterte Funktionsumfang des Frontladers kann nur dann zu einer Erhöhung der Arbeitsleistung führen, wenn er von der Bedienperson akzeptiert und genutzt wird. Bei dem Einsatz zusätzlicher Funktionen des Frontladers darf der Mensch weder überfordert noch in seinen Möglichkeiten und Fähigkeiten eingeschränkt werden. Aus diesem Grund sind benutzerfreundliche Bedienungsstrategien relevant, die den Komfort für den Menschen erhöhen und auch ungeschulten Betriebspersonen einen effektiven und sicheren Umgang mit dem Frontlader ermöglichen. In Zukunft sind verschiedene Steuerungs- und Regelungskonzepte in der Praxis denkbar, die die Bewegungsabläufe über elektronisch angesteuerte Ventile realisieren und damit das Frontladen vereinfachen.

Bild 3: Der Mensch als „Regler“ und „Sensor“ im Mensch-Maschine-Umwelt-System

Fig. 3: Man as controller and as sensor in the man-machine environment-system

