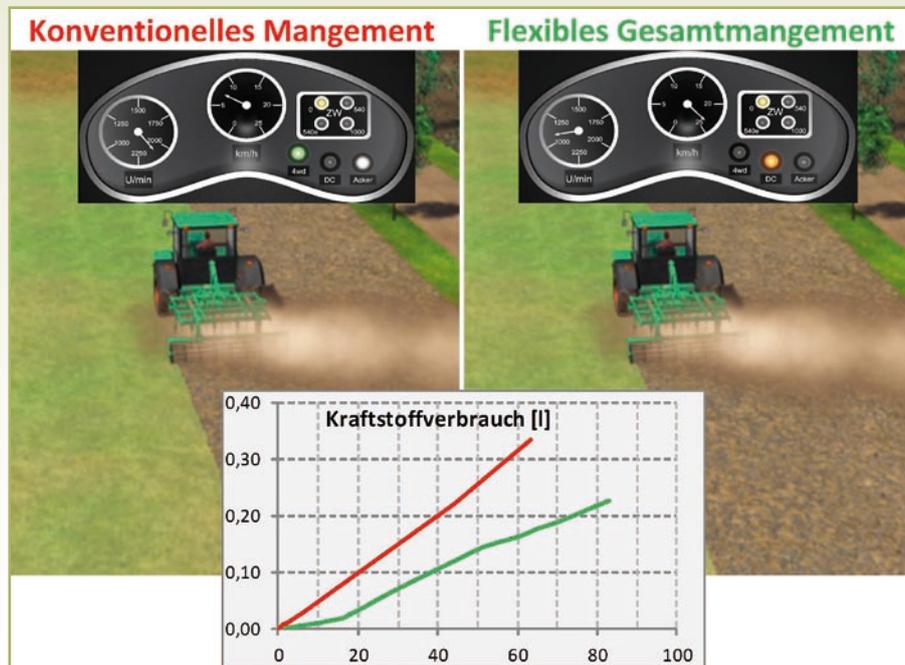


Organic Computing lernt nie aus

Flexibles Gesamtmaschinenmanagement in Traktoren



T. Kautzmann, M. Geimer, M. Wünsche, S. Mostaghim, H. Schmeck

Der Ansatz des Organic Computing im Maschinenmanagement von Traktoren bringt Vorteile sowohl für den Entwickler als auch den Benutzer der Maschine. Durch die selbsttätige Suche nach optimalen Betriebspunkten muss der Entwickler nicht im Vorfeld die optimalen Einstellungen präzise definieren. Der Bediener kann zwischen verschiedenen Zielfunktionen wählen, die autonom von der O/C-Architektur umgesetzt werden. Dadurch wird er vom eigentlichen Fahren entlastet, sodass er sich stärker um den Arbeitsprozess kümmern kann.

Ziel eines am Karlsruher Institut für Technologie laufenden interdisziplinären Projekts ist es, ein flexibles Gesamtmaschinenmanagement zu entwickeln, welches sich selbsttätig auf wechselnde interne und externe Einflüsse einstellen kann. Dieses Management beruht auf der so genannten Observer-/Controller-Architektur (**Bild 2**), deren Grundlagen im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms 1183 „Organic Computing“ entwickelt wurden. Sie beobachtet das Gesamtsystem Traktor und greift ein, wenn Potenzial zur Verbesserung bezüglich einer gegebenen Zielfunktion erkannt wird. Dazu erfasst der Observer charakteristische Daten über den aktuellen Systemzustand \vec{v}_s und klassifiziert diese. Die resultierenden Klassen können als äußere Situationsbeschreibung interpretiert werden, die einen Einfluss auf die Zielfunktion hat, die der Traktor aber direkt nicht beeinflussen kann. Hierzu zählen beispielsweise die Zugkraft, Reifenaufstandskräfte, das Drehmoment an der Zapfwelle und der Schlupf. Die aktuelle Situation wird an den Controller übermittelt, der der Situation op-

timierte Traktoreinstellungen $\vec{v}_{A,opt}$ zuordnet, welche das Systemverhalten gemäß der vom Benutzer vorgegebenen Zielfunktion beeinflussen. Zu $\vec{v}_{A,opt}$, welche als Freiheitsgrade des Systems angesehen werden können, gehören die Soll Drehzahl der Kurbelwelle n , die Sollgeschwindigkeit v , die Zapfwellenstufe ZW sowie die Zustände an der Allradkupplung $4wd$, Differenzialsperre DC und Gruppenschaltung GR . Der Controller verfügt darüber hinaus über implementierte Lernverfahren, was zu einer kontinuierlichen Selbstoptimierung des flexiblen Gesamtmaschinenmanagements führt. Vertiefenden Einblick in den Aufbau der Architektur gibt [1].

Ergebnisse

Die gewonnenen Ergebnisse sind mithilfe eines validierten dynamischen Traktormodells [2] simuliert worden. Dazu wurden zwei unterschiedliche Belastungszyklen, Grubbern und Kreiseleggen, aufgeprägt und jeweils zunächst vom Traktor mit konventioneller Steuerung und schließlich mit neuartigem flexiblem Gesamtmaschinenmanagement durchfahren. Im konventionellen Fall wurde eine manuelle, situationsunabhängige Steuerung verwendet. Die simulierte Feldlänge beträgt 120 m, wobei bis 80 m ein leichter, sandiger Boden und danach ein schwerer, lehmiger Boden simuliert wurden. Die zu optimierende Zielfunk-

Dipl.-Ing. Timo Kautzmann, Prof. Dr.-Ing. Marcus Geimer; Institut für Fahrzeugsystemtechnik, Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen;

Dipl.-Inform. Micaela Wünsche, PD Dr.-Ing. Sanaz Mostaghim, Prof. Dr. Hartmut Schmeck; Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren, Karlsruher Institut für Technologie

tion ist der Kraftstoffverbrauch. Die Ergebnisse sind in **Tabelle 1** zusammengefasst. Die Einstellungen der konventionellen Steuerung $\vec{V}_{A,konv}$ in rot sind dabei der optimierten $\vec{V}_{A,opt}$ in grün gegenübergestellt.

Der angewandte Algorithmus differenziert sowohl beim Grubbern als auch beim Kreiseleggen drei verschiedene Situationen: eine Anfahrt und die zwei unterschiedlichen Böden.

Die Ergebnisse beim Grubbern zeigen, dass der Traktor 32 % Kraftstoff einspart; trotz der höheren Sollgeschwindigkeit mit der der Controller den Getrieberegler ansteuert, besitzt er eine niedrigere Flächenleistung. Dies liegt daran, dass der Algorithmus zunächst einmal, um Kraftstoff zu sparen, eine niedrige Motordrehzahl vorschlägt. Das Getriebe verstellt sich hin zu niedrigen Übersetzungen und belastet den Motor mit einem hohen Moment, so dass dieser in Drückung gerät und die Sollgeschwindigkeitsregelung des Getriebes durch eine Drückungsregelung überlagert wird. Dies führt dazu, dass die Sollgeschwindigkeit nicht eingehalten wird.

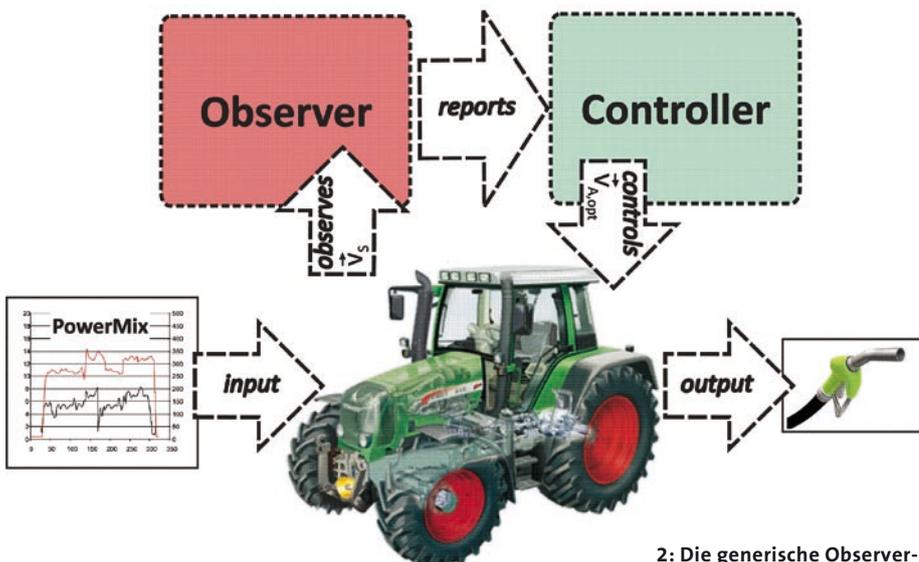
Der implementierte Motorregler ist derart dynamisch ausgelegt, dass er selbst im Bereich abfallender Vollastkennlinie mit fallender Drehzahl einen stabilen Punkt anfährt. Aus praktischer Sicht ist dies nicht umsetzbar, es muss dementsprechend eine Einschränkung des Zielraums vorgenommen werden, welche jedoch mithilfe des verwendeten Algorithmus einfach umsetzbar wäre. Ebenso kann die Optimierung um die Zielfunktion Flächenleistung erweitert werden, um so gleichzeitig die Minimierung des Kraftstoffverbrauchs und die Erhöhung der Flächenleistung, je nach vergebenem Gewichtungsfaktor, zu betrachten.



The article describes a flexible overall machine management system that is able to adjust to the variety of different internal and external influences. The management is based on the so called observer/controller-architecture. Due to the adaptive and holistic approach a remarkable increase of efficiency during field operation has been observed in the simulation with a validated model of the tractor.

Beim Kreiseleggen zeigt sich, dass der Algorithmus im Gegensatz zum Grubbern Einstellungen anfährt, bei denen gleichzeitig die Flächenleistung erhöht wird. Grund hierfür ist, dass in diesem Fall der Zielraum der optimierten Lösung derart eingeschränkt wurde, dass die Zapfwelldrehzahl konstant bleibt. Dies bedeutet, dass entweder die Motordrehzahl auf Nenndrehzahl 2100 min^{-1} betrieben wird bei gleichzeitiger Zapfwellenstufe 540 oder bei reduzierter Drehzahl von 1800 min^{-1} und Zapfwellenstufe 540E. Das flexible Gesamtmaschinenmanagement schlägt wiederum eine hohe Sollgeschwindigkeit vor, was dazu führt, dass der Traktor an seiner Leistungsgrenze und damit im effizienten Bereich von Verbrennungskraftmaschine und Getriebe betrieben wird.

Tendenziell ist in beiden Fällen zu erkennen, dass der optimierte Traktor niedrige Drehzahlen und hohe Geschwindigkeiten anfährt. Bei höheren Fahrgeschwindigkeiten wird der Freiheitsgrad Gruppenschaltung mit GR=Straße belegt, also die zweite der beiden Fahrstufen. Dennoch ist



2: Die generische Observer-/Controller-Architektur

Jetter

Überraschend einfach: Elektrische Antriebe steuern



Mobile Automation von Jetter.

Größtmögliche Zuverlässigkeit und höchste Kompatibilität in der mobilen Technik! All das garantieren die innovativen Lösungen von Jetter. Denn alle Komponenten, wie Terminals, Controller und Peripheriemodule, werden mit derselben Software und derselben Sprache programmiert und sind untereinander vernetzbar.

Code scannen oder Infos unter www.jetter.de/ad/MOM1204 laden.



Jetter AG - Gräterstraße 2 - 71642 Ludwigsburg
Tel: 07141 2550-0 - info@jetter.de - www.jetter.de

festzuhalten, dass der Algorithmus nicht deterministisch die optimalen Einstellungen vorschlägt, sondern aufgrund des verwendeten evolutionären Ansatzes Lösungen findet, die sich der optimalen Lösung annähern.

Bewertung und Ausblick

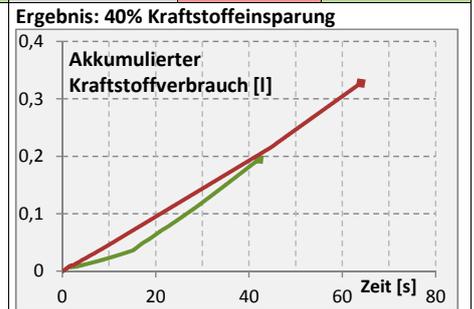
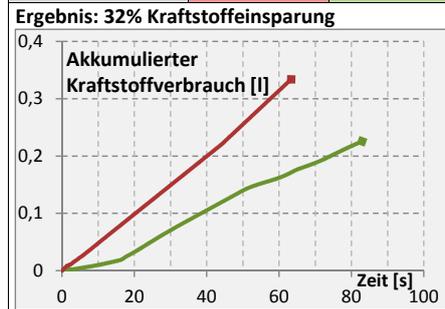
Die Information, Kraftstoff bei niedriger Drehzahl und hoher Motorauslastung zu sparen, ist bereits hinreichend bekannt. Allerdings arbeitet das flexible Gesamtmaschinenmanagement nicht regel- bzw. kennfeldbasiert, sondern findet optimale Einstellungen auf Basis eines lernfähigen Algorithmus, so dass nicht zwangsweise

Die optimalen Einstellungen findet der lernfähige Algorithmus

eine niedrige Drehzahl angefahren wird. Hinzu kommt, dass durch die ganzheitliche Betrachtung die internen und externen Wechselwirkungen des immer komplexer werdenden Gesamtsystems systematisch und ganzheitlich erfasst und ausgewertet werden, so dass die Einflüsse aller Freiheitsgrade im Verbund betrachtet werden können.

Das dadurch entstehende Optimierungspotenzial, welches mit bis zu 40% Kraftstoffeinsparung quantifiziert werden kann, gilt es jedoch kritisch zu betrachten. Es wurden Zyklen gefahren, die grundsätzlich eine geringe Anforderung an das

Grubbern			Kreiseleggen		
Situation	$\vec{v}_{A,conv}$	$\vec{v}_{A,opt}$	Situation	$\vec{v}_{A,conv}$	$\vec{v}_{A,opt}$
Anfahrt (Situation 1)		n=1168 U/min v=0,65 m/s ZW=0 4wd=an DC=zu GR=Acker	Anfahrt (Situation 1)		n=1800 U/min v=0,85 m/s ZW=540E 4wd=aus DC=zu GR=Acker
Sandiger Boden (Situation 2)	n=2100 U/min v=2 m/s ZW=0 4wd=an DC=offen GR=Acker	n=1208 U/min v=5,65 m/s ZW=0 4wd=an DC=offen GR=Straße	Sandiger Boden (Situation 2)	n=2100 U/min v=2 m/s ZW=540 4wd=an DC=offen GR=Acker	n=1800 U/min v=5,75 m/s ZW=540E 4wd=an DC=offen GR=Straße
Lehmiger Boden (Situation 3)		n=1096 U/min v=6,6 m/s ZW=0 4wd=aus DC=zu GR=Straße	Lehmiger Boden (Situation 3)		n=2100 U/min v=5,65 m/s ZW=540 4wd=an DC=zu GR=Acker



Tab. 1: Ergebnisse der Simulationen Grubbern und Kreiseleggen

Leistungsvermögen des Traktors stellen. Weiterführende Untersuchungen orientieren sich daher an der Anforderung des DLG-Powermix Zyklus. Auf diese Weise entsteht ein repräsentatives Bild des Potenzials, welches im letzten Schritt auf der realen Maschine validiert wird.

Literatur

[1] Kautzmann, T., Wünsche, M., Geimer, M.,

Mostaghim, S., Schmeck, H. (2011): Holistic Optimization of Tractor Managements. In Proceedings of Tagung Land.Technik AgEng 2011; Hannover, 11.-12. November 2011, pp. 275-280
 [2] Kautzmann, T., Geimer, M., Wünsche, M., Schmeck, H., Mostaghim, S. (2010): Simulationsmodell zur Unterstützung von selbstoptimierenden Fähigkeiten eines Traktors. In Proceedings of Tagung Land.Technik 2010; Braunschweig, 27.-28. Oktober 2010, pp. 187-195

KIT

www.vfmz.net/3274310

ZUVERLÄSSIG DURCHS GELÄNDE – SENSOREN FÜR MOBILE MASCHINEN



Extrem robust, vielseitig einsetzbar, umfassend getestet

- Die richtige Sensorlösung für Ihre Anwendung: von induktiven Sensoren bis Safety-Drehgeber
- Ausfallsicherheit und Langlebigkeit garantiert durch extrem robuste Sensoren
- Hohe Störfestigkeit und e1-Zulassung vereinfachen Ihren Zulassungsprozess
- Sensorkomplettlösung mit kundenspezifischer Kabel- und Stecker-Konfektionierung

www.pepperl-fuchs.de/mobile-equipment

Pepperl+Fuchs GmbH · Lilienthalstraße 200 · 68307 Mannheim
 Tel. 0621 776-1111 · Fax 0621 776-27-1111
 E-Mail: fa-info@de.pepperl-fuchs.com · www.pepperl-fuchs.com



Halle 3
Stand 3361



PEPPERL+FUCHS
SENSING YOUR NEEDS