



Effizienz durch automatisierte Ernte-Assistenz-Funktionen

Geregelte Ernte

Ein neues Assistenzsystem für Mähdrescher von CLAAS überwacht permanent den Ernteprozess und passt die Maschineneinstellungen automatisch den aktuellen Gegebenheiten an – schneller und genauer, als es ein Fahrer jemals könnte. Ein verteiltes Regelsystem bildet die Grundlage für die automatische Optimierung. Der dSPACE Seriencode-Generator TargetLink unterstützt die Entwickler in dem anspruchsvollen Projekt.



Die jährliche Erntezeit ist ein äußerst knapp bemessenes Zeitfenster. Es gilt, zum Beispiel Weizen, Roggen, Gerste oder Mais exakt zum richtigen Reifegrad zu ernten. Ist der Zeitpunkt erreicht, sind die Mähdrescher fast rund um die Uhr im Einsatz. Dabei ist die Bedienung eines Mähdreschers eine hochkomplexe Aufgabe. Bis zu 50 Einstellparameter von der Haspel bis zum Häcksler nehmen Einfluss auf das Erntergebnis. Rund ein Dutzend der Prozessgrößen sind vom Fahrer kontinuierlich zu beobachten und zu bewerten. Kaum jemand kann gleichzeitig alles im Blick behalten, um das Potenzial der Maschine voll auszuschöpfen.

Reduzierte Komplexität auf dem Feld

Die hohe Anzahl an Einstellmöglichkeiten und Parameterabhängigkeiten ergibt sich aus diversen Umgebungseinflüssen wie Klima und

Gelände sowie aus grundlegenden Zielvorgaben wie Durchsatz, Kraftstoffeinsatz und Druschqualität. Die resultierende Optimierungsaufgabe ist hochkomplex. Die Herausforderung, ständig Einstellungen vorzunehmen und Anzeigewerte zu prüfen, ist vom Fahrer kaum zu bewältigen. Um den Fahrer soweit zu entlasten, dass er sich nur noch um wesentliche Einstellungen kümmern muss, können Funktionen teilautomatisiert ausgeführt werden. Ein neues Assistenzsystem namens CEMOS AUTOMATIC (CLAAS Electronic Machine Optimization System) nimmt sich der Herausforderung „Optimales Erntergebnis“ an. Es überwacht den Ernteprozess, reguliert die Prozessparameter und passt die Maschine permanent an die Erntebedingungen an. Der Schlüssel zum Erfolg ist dabei die sogenannte Online-Modellbildung: Das Assistenzsystem rechnet kontinuierlich ein Modell der Maschine und der Umgebung, führt dabei Parame-

terstudien durch und ermittelt den optimalen Parametersatz. Diese Parameter überträgt es auf die Maschine.

Automatisierter Ernteprozess

Vor der Arbeit auf dem Feld gibt der Fahrer seine Zielvorgaben über eine grafische Benutzeroberfläche samt Dialogsystem ein. CEMOS AUTOMATIC wertet Zielvorgaben, Sensordaten und Maschineneinstellungen aus und findet nach kurzer Zeit die optimale Parameterkombination. Unter Berücksichtigung der sich im Tagesverlauf ändernden Erntebedingungen wird diese optimale Einstellung immer wieder überprüft und kontinuierlich angepasst. So gewährleistet CEMOS AUTOMATIC eine ständige Nachjustierung, die in dieser Form kein Fahrer manuell leisten könnte. Die automatische Anpassung der Parameter ermöglicht optimale Ergebnisse, beispielsweise einen maximalen Durchsatz bei höchster Kornqualität, Kornsauberkeit und minimalem Kraftstoffverbrauch. Im Zusammenspiel mit weiteren Assistenzsystemen, wie dem CRUISE PILOT für die Regelung der Fahrgeschwindigkeit sowie dem LASER PILOT für die Lenkung, wird ein Mähdrescher zum Mähdresch-Automat.

CEMOS AUTOMATIC mit den Subsystemen AUTO SEPARATION, AUTO CLEANING und CRUISE PILOT.



Das Steuergeräte-System für den optimalen Ernteprozess

Die Optimierungsaufgabe gelingt, indem alle Systeme des Mähdreschers koordiniert zusammenarbeiten. Gelöst wird sie mit einer Automatik, die den Steuergeräten der einzelnen Systeme überlagert ist. Der Steuergeräte-Verbund setzt sich aus Geräten für Grundsteuerungsaufgaben und übergeordneten Steuereinheiten zusammen. Ein vollausgestatteter Mähdrescher vom Typ LEXION 780 kommt so auf 35 Steuergeräte, die per CAN miteinander vernetzt sind. CLAAS entwickelt die Steuergeräte der unmittelbar am Ernteprozess beteiligten Systeme selbst. Zukaufsysteme wie der Verbrennungsmotor sind mit den

>>

Assistenzfunktionen entwickelt mit TargetLink

DYNAMIC COOLING:

Automatische Einstellung der Kühlanlage des Mähdreschers (für Dieselmotor und Hydrauliksystem) in Abhängigkeit von der benötigten Kühlleistung

CEMOS AUTO SEPARATION:

Automatische Einstellung der Restkornabscheidung

CLAAS LASER PILOT:

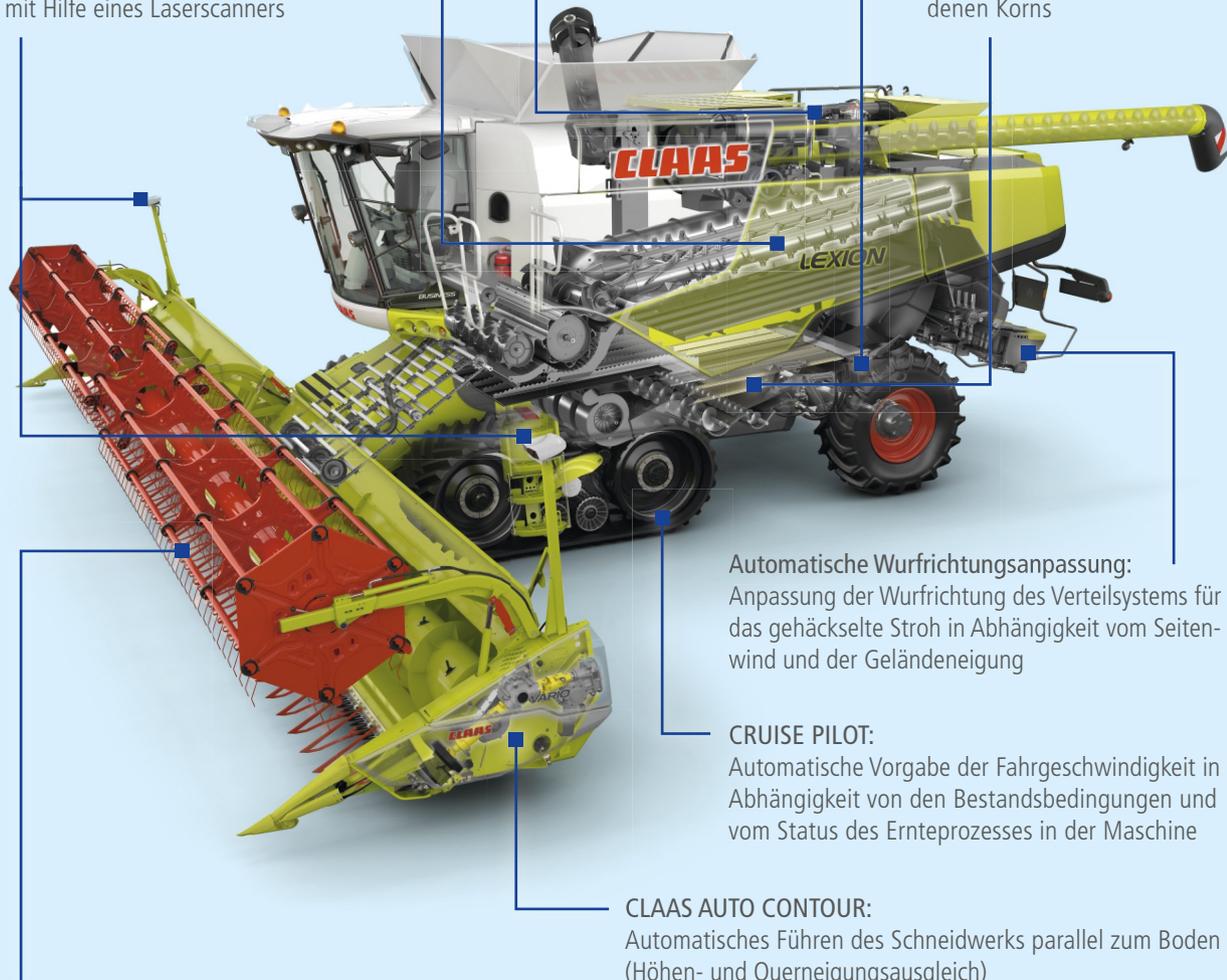
Automatisches Lenken der Maschine entlang der Getreidebestandskante mit Hilfe eines Laserscanners

MONTANA:

Automatisches Fahrwerk, das durch Verdrehen der Achsportale Seitenneigungen von bis zu 17 % und Längsneigungen von bis zu 6 % ausgleicht und so die Arbeit an steilen Hanglagen erlaubt

CEMOS AUTO CLEANING:

Automatische Einstellung der Reinigung des abgeschiedenen Korns



Automatische Wurfrichtungsanpassung:

Anpassung der Wurfrichtung des Verteilsystems für das gehäckselte Stroh in Abhängigkeit vom Seitenwind und der Geländeneigung

CRUISE PILOT:

Automatische Vorgabe der Fahrgeschwindigkeit in Abhängigkeit von den Bestandsbedingungen und vom Status des Ernteprozesses in der Maschine

CLAAS AUTO CONTOUR:

Automatisches Führen des Schneidwerks parallel zum Boden (Höhen- und Querneigungsausgleich)

Haspeldrehzahl-Automatik:

Synchronisation der Umfangsgeschwindigkeit der Haspel zur Fahrgeschwindigkeit der Maschine (2001: Pilotprojekt für TargetLink, 5 Tage Entwicklungszeit von der Verfügbarkeit der Hydraulikkomponenten bis zur Integration des ersten Musters ins Steuergerät)

Basisfunktionen:

- diverse Drehzahleinstellungen
- diverse Positionseinstellungen



Die grafische Bedienoberfläche für die einfache Eingabe der Zielvorgaben.

>> Steuergeräten der jeweiligen Hersteller ausgestattet. Je nach Aufgabenstellung sind Steuergeräte mit Prozessoren, basierend auf Festkomma- oder Fließkomma-Arithmetik, verbaut. Das Steuergerät der CEMOS AUTOMATIC ist für einen 32-Bit-PowerPC ausgelegt.

Steuergeräte-Software modellbasiert entwickelt

Die Software-Entwicklung für die Steuergeräte erfolgt modellbasiert. Alle großen Steuereinheiten werden mit MATLAB®/Simulink® und dSPACE TargetLink® entwickelt. Alle notwendigen Maschinenfunktionen sind nach dem Prinzip einer verteilten Automation in einem Gesamtmodell angelegt. Das umfangreiche Modell kommt auf eine Größe von 50 Megabyte. Als Grundlage für die Task-Steuerung und die Kommunikation zwischen den Systemfunktionen dient das Betriebssystem OSEK

(Offene Systeme und deren Schnittstellen für die Elektronik im Kraftfahrzeug). Mit dem OSEK-Modul von TargetLink werden Schnittstellen und Tasks definiert. Die entwickelte Assistentenfunktion muss somit nur noch an die Umgebung angebunden werden.

Code-Generierung und Offline-Tests

Nach der modellbasierten Entwicklung neuer Funktionen lässt sich der Code für den Regler entweder inkrementell oder vollständig generieren. Somit ist es möglich, Code für einzelne Funktionen oder die gesamte Reglerfunktion zu erzeugen. Um frühzeitig die neu entwickelten Funktionen zu testen, unterstützt TargetLink unterschiedliche Simulationsmodi. Dieser Absicherungsphase im Vorfeld der Ernte kommt eine wesentliche Bedeutung zu. Dem Entwicklungsteam

bleibt während der laufenden Ernte keine Zeit, um auf dem Feld nach Implementierungsfehlern zu suchen. Der Start in den Ernteeinsatz muss mit einer gut getesteten Software vonstatten gehen. Neben der Durchführung von Integrationstests erfolgt eine intensive funktionale Absicherung, in der umfangreiche Streckenmodelle verwendet werden. Für die Offline-Testszzenarien werden die großen Datenmengen genutzt, die bei jeder Erntephase auf dem Feld gesammelt werden.

Virtuelle Steuergeräte

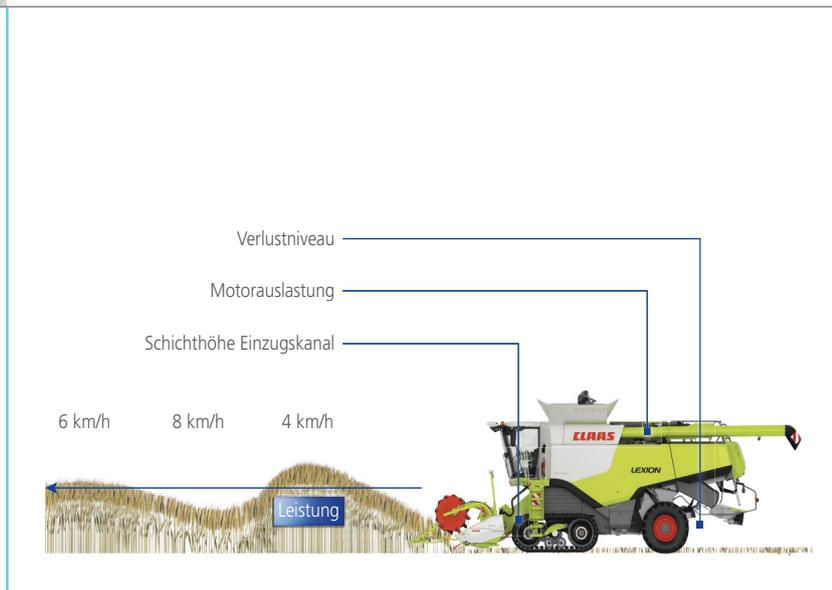
Um im Vorfeld der Ernte das Einsatzverhalten der Erntemaschine unter unterschiedlichen Bedingungen zu trainieren, kommt der CLAAS-Online-Simulator zum Einsatz. Fahrer können die Simulationmöglichkeiten nutzen, um sich mit der Maschine vertraut zu machen oder ihre Kenntnisse aufzufrischen und zu verbessern. Dem Fahrer steht dabei eine PC-basierte Simulation zur Verfügung. Der Online-Simulator nutzt einerseits die virtuelle Nachbildung der verschiedensten Maschinenkomponenten, andererseits ein Prozessmodell, das die Daten aus vielen Jahren Einsatzerfahrung umfasst. Im Hintergrund laufen echtzeitfähige virtuelle Steuergeräte, deren Software den realen Steuergeräten entspricht. Diese Simulationmöglichkeit im Vorfeld der Ernte ist ein weiterer wichtiger Baustein bei der Risikominimierung für Maschinenschäden und Bedienfehler während der Ernte.

Bewertung von TargetLink

Basisfunktionen werden bei CLAAS schon seit Jahren erfolgreich mit

„Neue Assistenzfunktionen bringen die Effizienz unserer Mähdrescher entscheidend voran. Für deren Entwicklung setzen wir den Seriercode-Generator dSPACE TargetLink ein.“

Andreas Wilken, CLAAS



Ernteprozess mit Umgebungseinflüssen, Fahrverhalten und Maschinenparametern.

TargetLink erstellt. Dazu gehört beispielsweise die Haspeldrehzahl-Automatik – das erste Pilotprojekt, in dem TargetLink eingesetzt wurde. Schon damals überraschte die kurze Entwicklungszeit von nur 5 Tagen von der Verfügbarkeit der Hydraulikkomponenten bis zur Integration des ersten Musters ins Steuergerät (TargetLink Goes to the Fields, dSPACE NEWS 2001/2). Mit Zunahme der Komplexität der Steuergeräte-Systeme stehen mittlerweile nicht mehr nur die unkomplizierte Handhabung und die kurze Lernkurve im Fokus, sondern auch weitere Aspekte für den Systementwurf. So konnte die Funktion für CEMOS AUTOMATIC sehr einfach im Modell und im komplexen Steuergeräte-Verbund integriert werden. Wichtig ist nach wie vor, dass die Software mit den Bordmitteln von TargetLink im Labor getestet werden kann. Das ermöglicht eine frühe Absicherung der Funktionen. Selbst spezielle Funktionen wie die Definition von Multirate-Tasks oder Hintergrund-Tasks lassen sich mit TargetLink exakt beschreiben und umsetzen. Für CLAAS bedeutet die Kombination aus TargetLink und dem OSEK-Modul, dass sich die Entwickler auf die wesentlichen Entwicklungsaufgaben konzentrieren können. Trotz der Komplexität des Modells lässt sich mit TargetLink schnell effizienter Code generieren, ob für einzelne Funktionen (inkre-

mentelle Code-Generierung) oder für den gesamten Steuergeräte-Verbund.

Assistenzsystem CEMOS AUTOMATIC

Das Assistenzsystem CEMOS AUTOMATIC ist ein Paradebeispiel für die Bedeutung von Software im Nutzfahrzeugbereich. Es ist planmäßig für die Mähdrescher der Modellreihe LEXION 740-780 als Ausstattungsoption in Serie gegangen. Mit modellbasierter Entwicklung und Seriercode-Generierung konnte die neue Funktion schnell implementiert und getestet werden. Der generierte Code funktioniert zuverlässig und fehlerfrei und erlaubt während der meist knappen und somit kostbaren Zeit auf der Maschine die Konzentration auf das Wesentliche: den finalen Funktionstest im Feldeinsatz. ■

Andreas Wilken, CLAAS

Fazit und Ausblick

Die Anforderungen an moderne Mähdrescher hinsichtlich Effizienz sowie Sparsamkeit beim Treibstoffverbrauch steigen stetig. Assistenzsysteme wie CEMOS AUTOMATIC (CLAAS Electronic Machine Optimization System) haben sich als Lösung bewährt und erlangen immer mehr Bedeutung. Bei der Entwicklung dieser Systeme ist der Seriercode-Generator TargetLink fest im Entwicklungsprozess etabliert. Mit einfach zu handhabenden Funktionen unterstützt TargetLink die Entwicklung komplexer Regelsysteme und generiert zuverlässigen Seriercode. Darüber hinaus werden die TargetLink-Modelle zu Lernzwecken auf virtuellen Steuergeräten PC-basiert eingesetzt, um den Bediener bereits im Vorfeld optimal mit der Erntemaschine vertraut zu machen. Solche Werkzeuge sind die ideale Grundlage, um Innovationen voranzutreiben. In Zukunft bieten neue Standards wie AUTOSAR wichtige Voraussetzungen für die Entwicklung verteilter Regler und die einfache Wiederverwendung von Software.

Andreas Wilken

Andreas Wilken arbeitet in der Vorentwicklung im Bereich Funktionstechnik der CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH in Harsewinkel, Deutschland.

