



Wie hochflexible HIL-Simulatoren helfen, den Test vielseitigster Agrarfahrzeuge zu realisieren

# Bedarfsgesteuert testen

Elektronik und Software sind zum Kernstück innovativer Agrarfahrzeuge geworden. Mit wachsendem Umfang und steigender Anzahl von Tests stehen deren Entwickler heutzutage vor großen Herausforderungen bei der Software-Entwicklung. Der japanische Maschinenbauer YANMAR stellte sich diesen Herausforderungen mit einer umfassenden HIL-Simulation auf Basis von SCALEXIO und anderen dSPACE Produkten.



Foto: © YANMAR CO., LTD.



Foto: © YANMAR CO., LTD.

Der Bedarf an Nahrungsmitteln steigt aufgrund der stetig wachsenden Bevölkerung. Allerdings sind die Ackerflächen begrenzt, und die Zahl der Landwirte nimmt ab. Daher ist die Verbesserung der Boden- und Arbeitsproduktivität zu einer dringenden Herausforderung für die Agrarwirtschaft geworden. Der japanische Hersteller YANMAR trägt mit seinen Produkten, darunter Traktoren, Erntemaschinen und Pflanzmaschinen, dazu bei, die Herausforderungen der Agronomen anzugehen. Die hocheffizienten Agrarfahrzeuge unterstützen die Landwirte mit ihrer hohen Funktionalität, Arbeitszeiten zu verkürzen, Ernteverluste zu minimieren und Erträge zu steigern.

### Leistungsstarke und intuitive Erntemaschinen

Reis-Erntemaschinen verfügen über kombinierte Funktionen zum Mähen, Dreschen und Abscheiden von Getreide. Zudem sind sie für den Reisanbau optimiert, um eine schnelle und verlustarme Ernte zu ermöglichen. Trotz der funktionalen Komplexität sind die YANMAR-Reis-Erntemaschinen einfach zu bedienen und können dank einer Vielzahl von Funktionen für den Fahrer intuitiv betrieben werden (Abbildung 1). Das Steer-by-Wire-System ist eines der Merkmale, das dem Fahrer das vertraute Gefühl eines Pkw vermittelt. Je nachdem, wie stark der Fahrer das Lenkrad einschlägt, erkennt eine intelligente Regelung,

ob eine 90-Grad-Richtungsänderung oder sogar eine 180-Grad-Wendung auf der Stelle gewünscht ist, und passt die Bewegungsrichtung und die Geschwindigkeit der beiden Antriebsketten entsprechend an. Damit kann das Fahrzeug perfekt entlang der Feldspur fahren. Ein weiteres Beispiel ist das automatische Fahrwerk. Es arbeitet so, dass die Karosserie immer horizontal gehalten wird und die maximale Leistung bei Ernte und Kornabscheidung erreicht wird, auch wenn sich das Fahrzeugchassis auf weichem Ackerboden zur Seite neigt. Die automatische Einstellung der Kornabscheidung ist ein Merkmal des neuesten Modells. Ein Schüttler ist eine Vorrichtung, die die Reiskörner vom Stroh trennt. Der Ernteverlust hängt hier zum einen davon ab, wie groß die Öffnung des Obersiebs am Schüttler ist, und zum anderen davon, wie schnell das Fahrzeug während des Mähvorgangs fährt. Ein Sensor erkennt die Verlusthöhe am Ende des Schüttlers, woraufhin das System automatisch beide Parameter anpasst, um den Ernteverlust zu minimieren. Über einen Monitor beobachtet der Fahrer, wie sich der Ernteverlust nach der Einstellung verringert.

### Herausforderungen für Software-Entwickler

Um den Agrarfahrzeugen diese beeindruckenden Fähigkeiten beizubringen, sind Elektronik und Software die wichtigsten Helfer bei der Entwicklung geworden, und so spielen auch die

Software-Entwickler von YANMAR eine wichtige Rolle bei der Einführung dieser Neuheiten. Die umfassende Erprobung und Validierung von Elektronik und Software musste daher mit immer höherem Arbeits- und Personalaufwand sichergestellt werden, wobei sich die Entwickler gleich mehreren Herausforderungen gegenüber sahen: Zum einen galt es, grobe Fehler noch vor der Felderprobung der echten Fahrzeuge auszusortieren, denn manche Fahrzeugtypen stehen dafür nur über eine sehr begrenzte Zeit zur Verfügung. Würden beispielsweise erst während des Fahrversuches einer Erntemaschine Mängel festgestellt, könnte die Überarbeitung der Software so lange dauern, dass erneute Fahrversuche während der Erntezeit nicht mehr möglich wären. Zum anderen mussten auch immer komplexere Arbeitsbedingungen der Maschinen untersucht werden, zum Beispiel unterschiedliche Bodenbeschaffenheiten oder verschiedene Typen von Reisfeldern, die sich nur äußerst schwer für die Erprobung mit der realen Hardware nachstellen ließen.

### Schneller Aufbau eines HIL-Simulators

Um diese Herausforderungen zu meistern, hat sich YANMAR für ein Hardware-in-the-Loop (HIL)-System, basierend auf dSPACE SCALEXIO, entschieden. Der HIL-Simulator sollte nicht nur umfangreiche Funktionstests der Steuergeräte-Software ohne ein reales Fahrzeug sicherstellen, sondern

&gt;&gt;



Foto: © YANMAR CO., LTD.

Abbildung 1: Eine YANMAR-Reis-Erntemaschine hat viele Funktionen, die den Landwirten zugute kommen, zum Beispiel das Steer-by-Wire-System für mühelos sanfte Manöver (oben) sowie das automatische Fahrwerk, um die Karosserie horizontal zu halten (Mitte). Die automatische Einstellung der Kornabscheidung ist das Merkmal des neuesten Modells, bei dem die von einer Trommel gedroschenen Reiskörner durch einen Schüttler getrennt werden, der so eingestellt ist, dass der Ernteverlust minimiert wird (unten).

Abbildung 2: Mit ControlDesk (unten links) erstellt YANMAR eine intuitive Bedienoberfläche für die HIL-Simulation. MotionDesk (oben rechts) sorgt passend dazu für eine realistische Wiedergabe der aus den Benutzereingaben resultierenden Fahrmanöver.

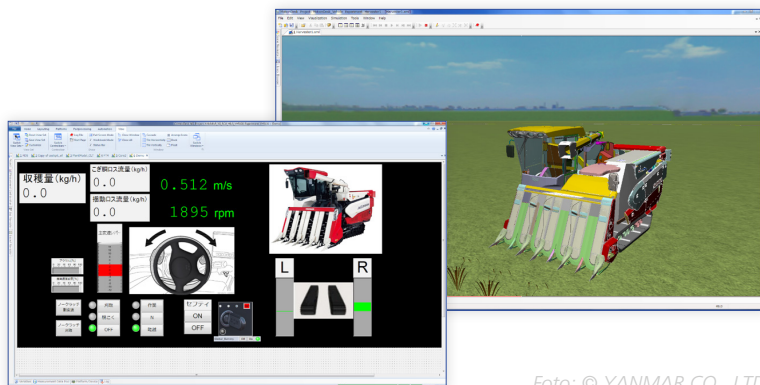


Foto: © YANMAR CO., LTD.

auch eine frühzeitige Evaluierung der späteren Leistungsparameter unter vielfältigen realistischen Arbeitsbedingungen ermöglichen. Die Einführung der HIL-Systeme bei YANMAR erfolgte in zwei Stufen: Zuerst wurde 2015 eine Simulationsumgebung für die grundlegenden Systeme eines Traktors in Betrieb genommen. In diesem Aufbau wird ein zentrales Processor-Rack von drei weiteren I/O-Racks für die Motor- und Fahrzeugsteuerung sowie die Anzeigeelemente ergänzt. 2016 folgten die Funktionalitäten für die Evaluierung von Erntemaschinen, zudem kamen zwei weitere I/O-Racks hinzu. Durch Hinzufügen von I/O-Boards zu den I/O-Racks deckt das System schließlich die physikalischen Aspekte aller Steuergeräte, Bussysteme und elektrischen Lasten der Fahrzeuge ab.

### Ausgereifte Software-Werkzeuge

Während YANMAR auf der Ebene der virtuellen Modelle teilweise auf eigene Fahrzeugbibliotheken und Umgebungsmodelle zurückgreift, nutzt das Unternehmen Dieselmotoren- und Abgasbibliotheken der dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) zur Simulation der Dieselmotoren und der Abgasnachbehandlung. Die Bibliotheken sind perfekt auf die YANMAR-Modelle abgestimmt. Die Modelle können für die Simulation auf mehrere Prozessorkerne verteilt werden, um die Rechenzeit zu optimieren. Zur Überwachung und Steuerung der HIL-Simulation nutzt YANMAR ControlDesk und MotionDesk von dSPACE. Während ControlDesk den Testingenieuren maßgeschneiderte Instrumente und eine intuitive Bedienoberfläche bereitstellt, können mit MotionDesk sämtliche Bewegungsabläufe des simulierten landwirtschaftlichen Gerätes realistisch in einer dreidimensionalen Umgebung nachvollzogen werden (Abbildung 2). Um den Arbeitsaufwand weiter zu reduzieren, lassen sich die HIL-Tests auch umfangreich automatisieren. Dafür kommt

dSPACE AutomationDesk zum Einsatz. YANMAR hat mit Unterstützung von dSPACE ein Framework zur Testautomatisierung aufgebaut. Es ermöglicht die schnelle Implementierung neuer Testfälle, bei denen YANMAR nichts anderes tun muss, als die Testparameter zu aktualisieren, zum Beispiel die vorgegebenen Eingangs- und die erwarteten Ausgangssignale.

### Hochflexibles Multi-Vehicle- und -Domänen-System

Mittlerweile hat YANMAR das modulare SCALEXIO-HIL-System mit noch mehr Flexibilität versehen. Statt maßgeschneiderter I/O-Racks für spezielle Funktionsbereiche wie Hydraulik oder Antrieb kommen heute standardisierte „Master-I/O-Racks“ zum Einsatz, die jeweils dieselben Hardware-Schnittstellen haben. Verschiedene Kombinationen der Master-I/O-Racks können das gesamte Spektrum der landwirtschaftlichen Fahrzeuge von YANMAR abdecken. Die zu testenden Fahrzeuge unterscheiden sich je nach Einführungsplan für neue Produkte. Ist eine ausreichende Anzahl von Master-I/O-Racks verfügbar, können die Entwickler daraus immer exakt das HIL-System konfigurieren, das ihrer aktuellen Aufgabenstellung gerecht wird (Abbildung 3).

### Nutzen und Ausblick

Das flexible, erweiterbare dSPACE SCALEXIO-System trug dazu bei, dass der HIL-Simulator bei YANMAR schnell eingerichtet werden konnte. Von der Auftragserteilung bis zur Inbetriebnahme Ende 2015 vergingen gerade



A set of standardized Processor/Power racks and Master I/O racks

Foto: © YANMAR CO., LTD.

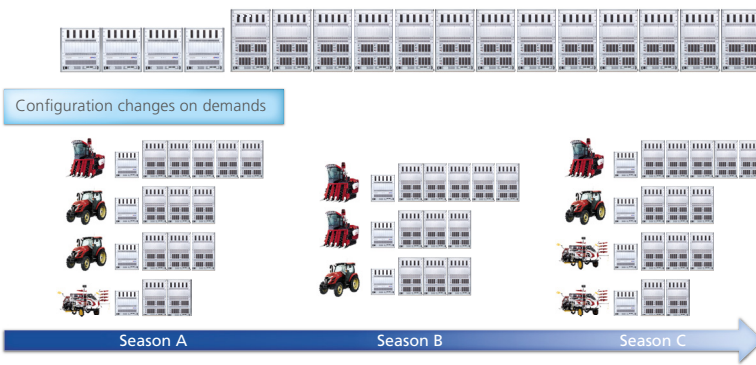


Abbildung 3: Nachdem bei YANMAR zunächst aufgabenspezifische I/O-Racks in der HIL-Simulation zum Einsatz kamen, werden heute nur noch identische Master-I/O-Racks eingesetzt. Je nach Funktionsumfang einer Landmaschine wird eine spezifische Anzahl solcher Master-I/O-Racks benötigt.

einmal sechs Monate. Die HIL-Simulation und die Testautomatisierung offenbarten versteckte Software-Fehler ohne die realen Maschinen und reduzierten den Testaufwand. So sind die Entwickler in der Lage, sich mehr auf die Fehleranalyse zu konzentrieren. Mit der erfolgreichen Einführung des Traktors und der Erntemaschine richteten sie das HIL-System für eine Vielzahl von Agrarfahrzeugen ein. Die flexibleren Master-I/O-Racks ermöglichen es YANMAR-Entwicklern,

HIL-Systeme selbst aufzubauen. Die Racks werden auch eingesetzt, um innovativere Funktionen zu testen, wie beispielsweise selbstfahrende Traktoren. Denn dank effizienter Simulationslösungen stehen die Landmaschinen den modernen Straßenfahrzeugen auch hier in nichts nach. ■

Mit freundlicher Genehmigung von YANMAR CO., LTD., Japan.



„Das flexible, hochskalierbare SCALEXIO-System und die ausgereiften Software-Werkzeuge von dSPACE brachten uns schnell die großen Vorteile der HIL-Simulation.“

Dr. Isao Takagawa, Leiter der Software-Gruppe Development Planning Division, Electronic Control Development Division, YANMAR CO., LTD., Japan.