



# Effizient auf dem Feld

In modernen Traktoren werden Gangschaltungen immer seltener. Direct-Traktoren von Valtra verfügen für den optimalen Drehzahlbereich über stufenlose Automatikgetriebe und sorgen damit für mehr Effizienz und Wirtschaftlichkeit auf dem Feld.

Auf der Suche nach dem optimalen Getriebe für ihre Traktoren beauftragte Valtra die Technische Universität im finnischen Tampere, um die am Markt befindlichen Getriebe zu evaluieren. Das Team der Hochschule setzte dafür ein neu entwickeltes statisches Berechnungsmodell ein, das die Attribute der in Frage kommenden Getriebe als Zugkraft/Drehzahl-Diagramm visualisierte. Anhand dessen konnten die Studenten die

Effizienz des hydraulischen Converters in Bezug auf den Gesamtwirkungsgrad bewerten und berechneten so das Druckniveau des hydrostatischen Wandlers sowie Drehmomente und Drehzahlen aller beweglichen Teile. So waren die Eigenschaften der unterschiedlichen Getriebekonstruktionen leicht vergleichbar.

Die Untersuchungen zeigten, dass kein Getriebe alle aufgestellten An-

forderungen erfüllte, so dass Valtra sich entschied, die Entwicklung selbst in die Hand zu nehmen.

#### Anforderungen an das stufenlose Getriebe

Valtra setzte folgende Anforderungen an ein leistungsstarkes, hocheffizientes stufenloses Getriebe:

- Robuste Konstruktion
- Leichte Bedienbarkeit



Stufenloses Automatikgetriebe mit leistungsgeteiltem Antrieb für mehr Leistung und weniger Kosten

Abbildung 1: In den Direct-Traktoren von Valtra lässt sich der ideale Fahrbereich für die jeweilige Aufgabe individuell wählen. Alle vier Fahrbereiche beginnen bei 0 km/h und bieten stufenlose Geschwindigkeitsanpassung, auch im Rückwärtsgang.

				
	<b>Fahrbereich A:</b> Schwere Zugarbeiten/ Ernte von Sonderkulturen	<b>Fahrbereich B:</b> Feldeinsatz	<b>Fahrbereich C:</b> Schnelles Arbeiten	<b>Fahrbereich D:</b> Straßentransport
<b>0-9 A</b>	Für schwerste Arbeiten wie langsame Aussaat/ Pflanzung oder spezielle Ernteverfahren. Ideal wenn konstant maximale Zugkraft und präzise Geschwindigkeitsanpassungen notwendig sind. Extrem hohe Zugkräfte können mit wegzapfwellengetriebenen Anhängern erreicht werden.	Universeller Feldarbeitsbereich. Ideal für Aussaat, Bodenbearbeitung und Ernte. Leichte Kontrolle der verschiedenen Operationen (z.B. Erntegewindigkeit). Transportarbeiten im Forstbereich.	Ideal bei Transportarbeiten unter Feldbedingungen. Anwendung im kommunalen Bereich. Effizientes Startverhalten mit schweren Lasten.	Ideal für Straßentransport mit hohen Endgeschwindigkeiten.
<b>0-18 B</b>				
<b>0-30 C</b>				
<b>0-50 (40) D</b>				
0 km/h 50				



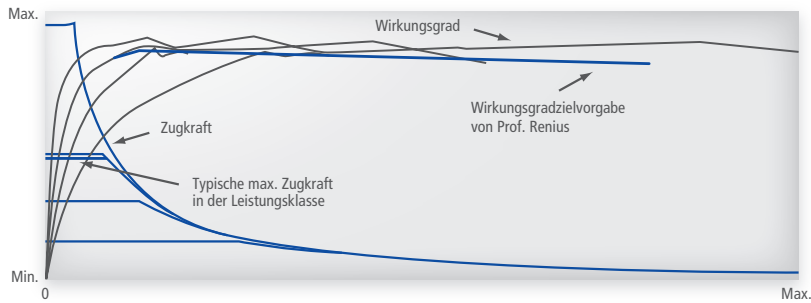


Abbildung 2: Getriebe-Wirkungsgrad bei Vollast. Die erreichte Effizienz erfüllt die Zielvorgaben von Professor Karl Theodor Renius. Renius ist Professor i.R. am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik der Technischen Universität München. Seine Beiträge im Bereich Traktorenforschung und Technologietransfer sowie seine Rolle in der Lehre der Landmaschinentechnik finden international hohe Anerkennung.

„Mit dem HIL-Simulator von dSPACE hatten wir die Freiheit, alle in Frage kommenden Varianten auszutesten.“

Ville Viitasalo, Valtra Oy

- Verschiedene Einstell- und Bedienmodi mit automatischen Hilfefunktionen
- Minimale Änderungen an Valtras bestehendem Getriebekonzept
- Kostengünstig in Herstellung und Betrieb
- Geeignet für arktische Witterungsbedingungen
- Hohe Lebensdauer
- Einfache Wartung

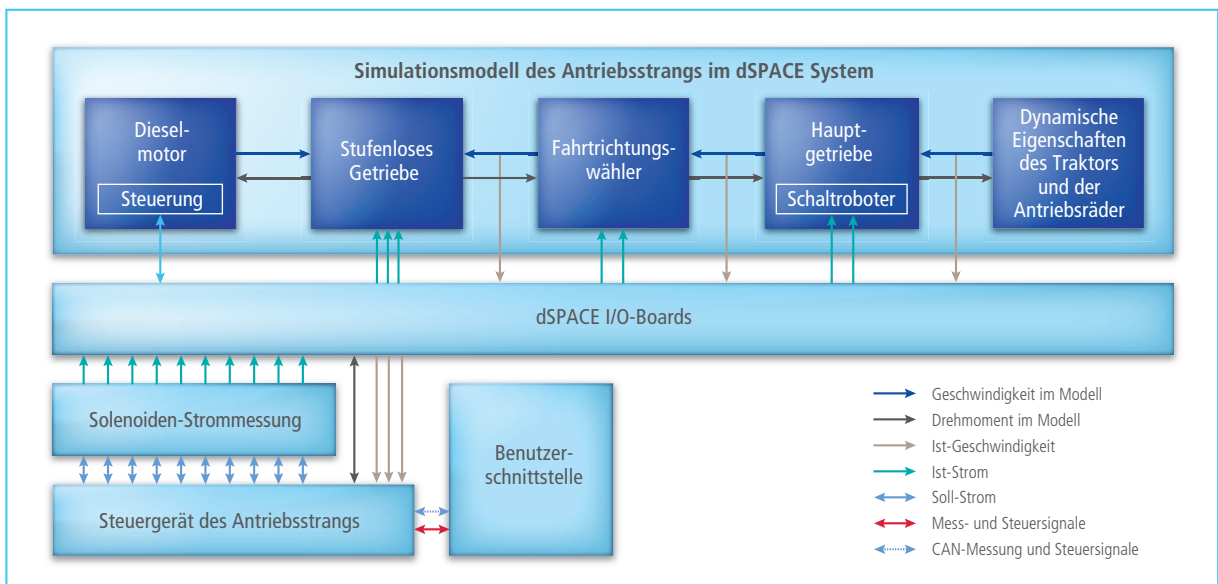
Mit Hilfe des statischen Berechnungsmodells wurde die beste Lösung aus hunderten möglicher Varianten ausgewählt.

**Fahrstrategien für jeden Fahrbereich**

Valtra analysierte die verschiedenen Betriebsmodi der Traktoren und entwickelte eine optimale Fahrstrategie für jeden Fahrbereich. Alle Fahrstra-

tegien beginnen bei 0 km/h und beschleunigen konstant bis zur Maximalgeschwindigkeit. Das stufenlose Automatikgetriebe besteht aus einem leistungsgeteilten Antriebsstrang, in dem ein hydrostatisches Getriebe von Linde integriert ist. Die Fahrbereiche werden über eine Mehrscheibenkupplung gewechselt. Die Wendeschaltung erlaubt sanftes Starten und Fahrtrichtungswechsel bei unter 10 km/h in den Fahrbereichen A und B. In allen Fahrbereichen lassen sich die Gänge per Knopfdruck einlegen und den eigentlichen Gangwechsel übernimmt ein Roboter. Das gewählte Fahrprofil erreicht optimale Effizienz in jedem Fahrbereich und erfüllt den von Professor

Abbildung 3: Das HIL-System von dSPACE unterstützt Valtra beim Test der Regelalgorithmen für das stufenlose Getriebe.



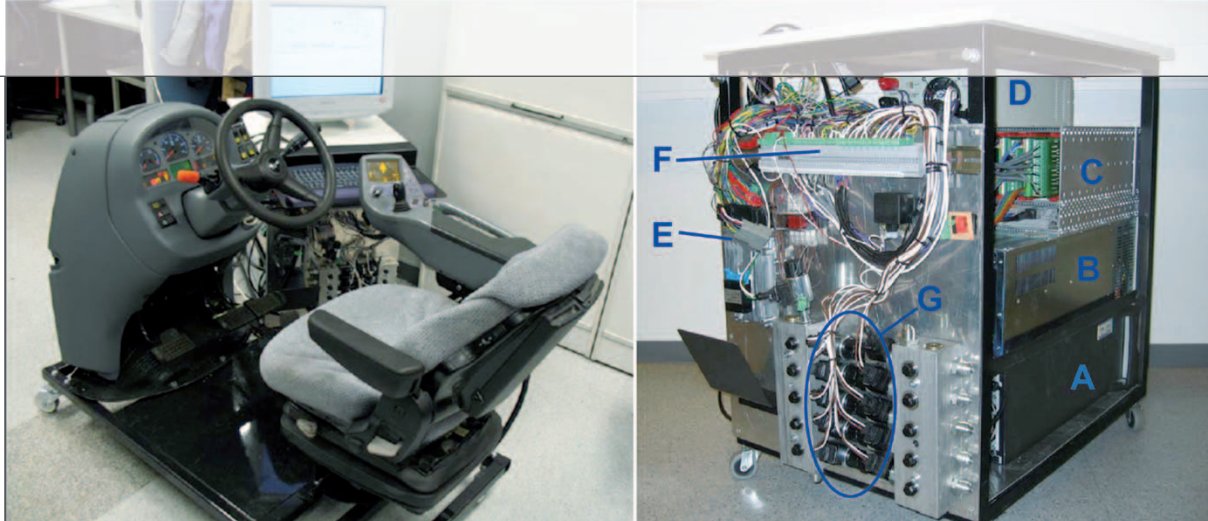


Abbildung 4: HIL-Benutzerschnittstelle und System (A – PC, B – dSPACE AutoBox mit Prozessor- und I/O-Boards, C – Transformator, D – Stromversorgung, E – Antriebssteuerung, F – Anschlussleiste, G – Magnetspulen).

„Dieses Projekt zeigt, dass die Zusammenarbeit von Universität und Industrie exzellente Ergebnisse hervorbringen kann.“

*Dr. Mikko Erkkilä, Technische Universität Tampere*

K.T. Renius definierten erstrebenswerten Wirkungsgrad (Abbildung 2).

### Entwicklung der Getriebesteuerung mit HIL-Simulation

Für die Entwicklung der Antriebssteuerung des neuen stufenlosen Getriebes wurde ein dynamisches Antriebsstrangmodell erstellt, das alle Komponenten zwischen Dieselmotor und Antriebsrädern abdeckt. Valtra baute basierend auf diesem Dynamikmodell ein Hardware-in-

the-Loop (HIL)-System auf und setzte es für die Entwicklung der Regelalgorithmen und die Programmierung der Antriebssteuerung ein. Das HIL-System besteht aus mehreren dSPACE I/O-Boards und einem dSPACE Prozessorboard, das die Simulationsmodelle ausführt. Die Steuersignale werden gemessen und zur Steuerung des Simulationsmodells digitalisiert. Die Übertragung diverser Steuer- und Messsignale erfolgt über den CAN-Bus gemäß SAE-

Standard J1939. Mit dem HIL-Simulator ist es möglich, die Steuerung unter realen Bedingungen zu testen – und das am Schreibtisch. Fehler und Gefahrensituationen lassen sich so umfassend prüfen, was die Sicherheit der Steuerung maßgeblich verbessert. ■

*Dr. Mikko Erkkilä,  
Technische Universität Tampere  
Ville Viitasalo, Valtra Oy*

#### *Dr. Mikko Erkkilä*

*Dr. Mikko Erkkilä schrieb seine Dissertation „Modeling and Simulation of CVT Drive Lines“ an der Technischen Universität in Tampere in Kooperation mit Valtra Oy. Heute ist er als Technologieleiter bei Hydac Oy in Vantaa, Finnland beschäftigt.*



#### *Ville Viitasalo*

*Ville Viitasalo ist Teamleiter im Bereich Getriebe bei Valtra Oy in Suolahti, Finnland.*



## Fazit

Das statische Berechnungsmodell bietet in der Entwicklung neuer Getriebe- und Antriebskonzepte leistungsstarke Unterstützung. Zusammen mit statischen, dynamischen und HIL-Simulationsmodellen ermöglichen simulationsgestützte Entwicklungswerkzeuge, die Entwicklungszeiten und -kosten drastisch zu reduzieren. So stehen mehr Ressourcen sowohl für virtuelle Tests und Feldtests als auch für die Steigerung der Funktionalität und Zuverlässigkeit der Maschinen zur Verfügung. Die Kooperation zwischen Universität und Industrie verlief äußerst fruchtbar. Durch das Verschmelzen von Know-how aus Theorie und Praxis konnten hervorragende Ergebnisse erzielt werden.