



Innovative Vorderachsaufhängung
für Spezialtraktoren von SAME

In vino mobilitas

Um seinen Schmalspurtraktoren der Frutteto-Serie auch in besonders anspruchsvollen Weinbergen höchste Fahrsicherheit und Manövrierfähigkeit zu verleihen, entwickelte SAME die Frutteto-S/V-ActiveDrive-Modellpalette mit elektronisch geregelter Vorderradaufhängung und voneinander unabhängigen Aufhängungsarmen. Für den Seriencode sorgte dSPACE TargetLink.



Nichts erfreut Weinkenner mehr als der Genuss eines ausgezeichneten Jahrgangs. Oft gedeihen exzellente Tropfen jedoch in äußerst anspruchsvollem Terrain. Steile Hanglagen, loser Untergrund und schmale Wege sorgen dafür, dass maschinelles Pflegen und Ernten der Reben oft nur noch mit speziellen Schmalspurtraktoren zu be-

„Das Data Dictionary von TargetLink war für uns eine große Hilfe bei der zentralen Verwaltung der Vielzahl von Modellvariablen und -parametern des ActiveDrive-Projektes.“

Andrea Degiorgi, Abteilung F&E, SDF

werkstelligen ist. Ihre geringe Spurbreite und ihr hoher Schwerpunkt bringen allerdings besondere Herausforderungen mit sich, wenn es darum geht, in jeder Situation optimale Haftung und sicheren Vortrieb zu gewährleisten.

Aktive Regelung sichert Bodenhaftung und Vortrieb

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, entwickelte SAME die Frutteto-S/V-ActiveDrive-Modellpalette. Darin kommt, erstmalig bei einem Spezialtraktor, eine adaptive hydropneumatische Vorderachsaufhängung mit unabhängigen Armen zum Einsatz. Zum einen gewährleistet sie immer eine konstante Traktion, indem sie Radschlupf automatisch erkennt und proportional dazu eine Differentialsperre aktiviert. Zum anderen hält sie die unabhängigen Arme der Einzelaufhängung über zwei Hydraulikzylinder immer in einer optimalen Position, selbst unter der Last von angebauten Geräten. Dadurch wird die Gewichtsverteilung des Traktors permanent optimiert, was zusammen mit der Absenkung des Schwerpunkts eine deutlich bessere Standfestigkeit und den sicheren Vortrieb ermöglicht, selbst beim maximalen Lenkeinschlag von 53° oder parallel zum Hang. Die umfangreiche Sensorik, beispielsweise für Lage, Geschwindigkeit, Lenkeinschlag, Federung und Bremsstatus, eröffnet der Regelungssoftware darüber hinaus noch weitere Möglichkeiten zur Erhöhung der Sicherheit: So verhindert „Anti-Dive“ das Eintauchen der Vorderachse beim Bremsen, während „Anti-Rolling“ auto-

matisch die Steifigkeit der Aufhängung an die Fahrgeschwindigkeit und den Lenkeinschlag anpasst, um Stabilität und Haftung sowohl auf dem Feld als auch auf der Straße zu verbessern. Damit ermöglicht ActiveDrive der Frutteto-Serie Sicherheit und Fahrkomfort, wie sie in der Form bisher nur bei Hochleistungs-traktoren vorzufinden waren.

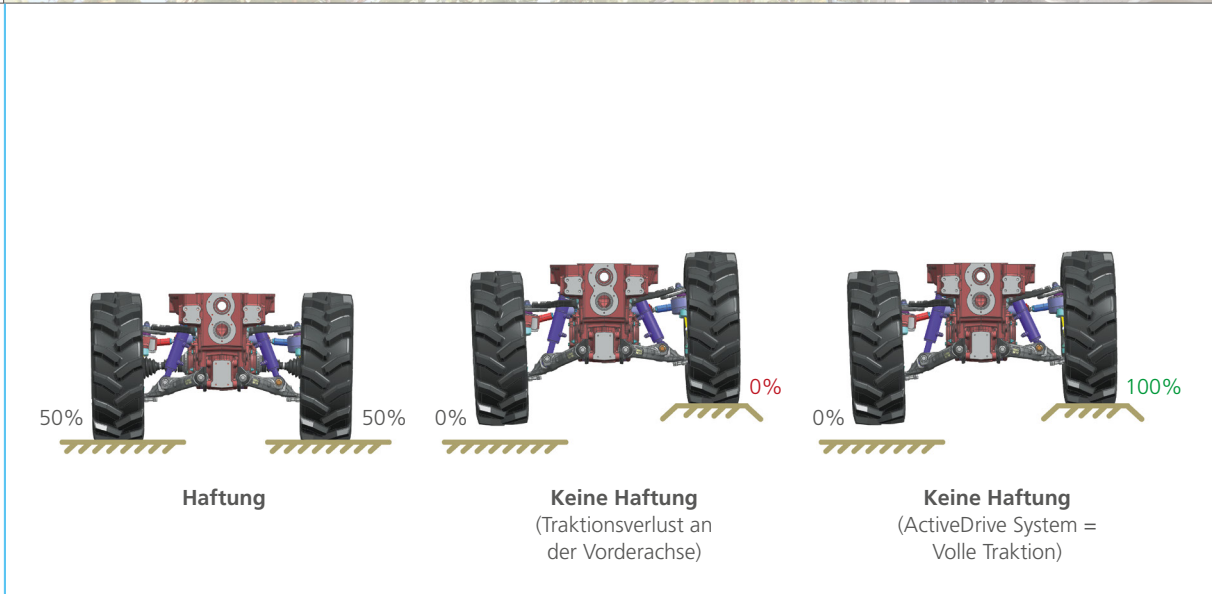
Ausgeklügeltes Reglerkonzept

Die Regelung des ActiveDrive basiert auf Eingangsgrößen wie dem Lenkwinkel, der Fahrgeschwindigkeit, der Drehgeschwindigkeit einzelner Vorderräder, der Position der Hydraulikzylinder, dem Status von Bremsen und Allradantrieb sowie dem vom Fahrer vorgewählten Modus. Die daraufhin von der Regelung berechneten Stellgrößen werden in Befehle für die Magnetventile umgesetzt, die zum einen die Sperrwirkung im Achsdifferential anpassen und zum anderen Ölfluss und -druck in beiden Hydraulikzylindern der Achsaufhängung verändern. Die Zylinder können in der Folge damit nicht nur ein- und ausgefahren werden, die Regelung passt auch die Dämpfung und Steifigkeit der jeweiligen Fahrsituation an.

Zentrale Verwaltung von Variablen und Parametern

Die Reglerentwicklung erfolgte modellbasiert mit MATLAB®/Simulink®/Stateflow® und dem Seriercode-Generator dSPACE TargetLink®, der schon seit 2005 vereinzelt im Entwicklungsprozess bei SAME eingesetzt wird. Um die rund 120 Variablen und Parameter des Reglermodells

>>



Vorderachse eines allradgetriebenen Traktors: Normalerweise wird die Antriebskraft zwischen den Vorderrädern verteilt. Verliert eines der Räder den Bodenkontakt, geht sämtliche Antriebskraft über das in der Luft hängende Rad verloren. Die Differentialregelung des Frutteto S/V ActiveDrive erkennt solche Zustände, aktiviert unmittelbar die Differentialsperre und leitet so die gesamte Antriebskraft an das Rad mit Bodenkontakt.

zentral, effizient und übersichtlich zu verwalten, nutzten die Entwickler ausgiebig das TargetLink Data Dictionary. Durch die automatische Code-Generierung stand der Seriencode für den ActiveDrive nicht nur viel früher zur Verfügung, SAME konnte im Vergleich zum handgeschriebenen Code auch eine deutlich höhere Konsistenz zwischen Code und Modell erzielen.

Umfangreiche Simulationsmöglichkeiten

Weitere Zeit- und Effizienzgewinne resultierten aus dem in TargetLink

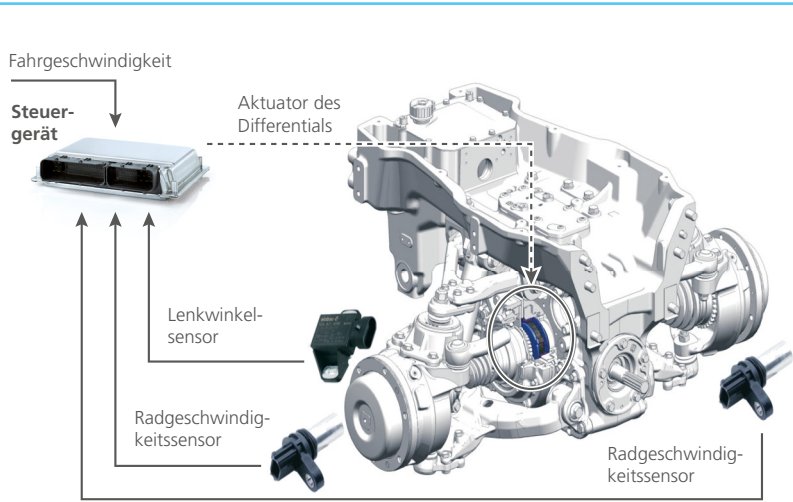
verfügbaren dreistufigen Simulations- und Verifikationskonzept, das eine schnelle und einfache Durchführung verschiedener Simulationsmodi (Model-in-the-Loop, Software-in-the-Loop, Processor-in-the-Loop) per Knopfdruck ermöglicht und somit eine frühe Absicherung gewährleistet. Dadurch hatte die mit TargetLink generierte Software bereits einen sehr hohen Reifegrad, noch bevor ein mechanischer Prototyp zur Verfügung stand. Software-Varianten, beispielsweise für verschiedene Subsysteme oder Parameter-sets, konnte SAME dabei jederzeit

müheless integrieren. Auch hier profitierten die Entwickler von der einfachen Nutzung definierter Variablen mit dem TargetLink Data Dictionary. Darüber hinaus ließen sich die Regelungsstrategien der Frutteto S/V-ActiveDrive-Serie bereits im Zusammenspiel mit Gesamtfahrzeug- und Umgebungsmodellen testen und somit frühzeitig aussagekräftige Closed-Loop-Simulationen des gesamten Systemverhaltens durchführen.

„Time to Market“ deutlich reduziert

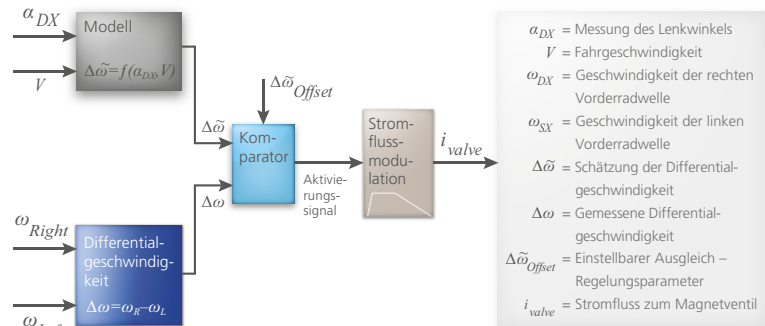
Die Ergebnisse der Simulationen ließen sich erfolgreich auf dem Prüfstand,

Umfangreiche Sensorik: Die Regelung des Sperrdifferentials ist abhängig vom Lenkwinkel und von den jeweiligen Drehgeschwindigkeiten der Vorderräder.



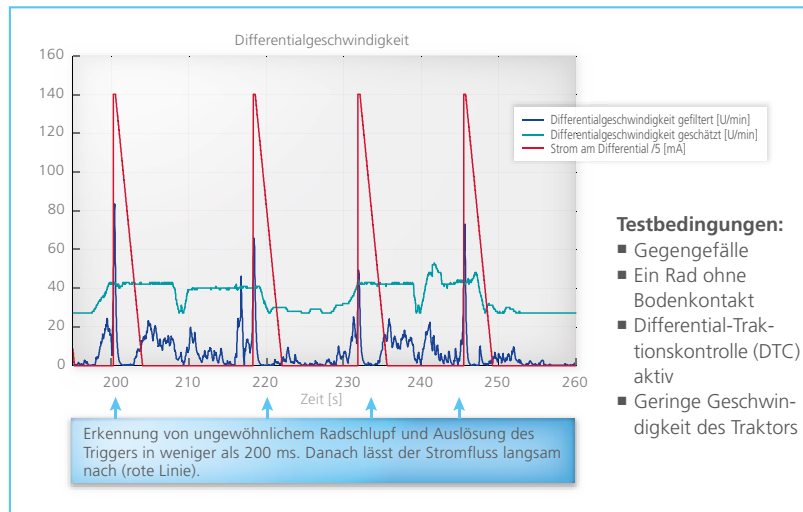
auf einer kippbaren Plattform und bei realen Testfahrten validieren. Auch hier zeigte sich schnell ein deutlicher Stabilitätsgewinn des Frutteto S/V ActiveDrive gegenüber herkömmlichen Schmalspurtraktoren. Selbst in extremen Hanglagen mit Winkeln von über 40° und auf nassem und losem Untergrund erlaubte sich der Traktor keine Schwäche. Nicht zuletzt durch den Einsatz von Target-Link konnte die Marktreife damit deutlich früher erreicht werden als bislang üblich. Aufgrund dieser positiven Erfahrungen aus dem Active-Drive-Projekt will SAME zukünftig seine gesamte In-House-Software-Entwicklung modellbasiert durchführen und mit TargetLink in die Serie übertragen. Aber nicht nur in Sachen Entwicklungs- und Kosteneffizienz konnte das Unternehmen einen Gewinn verbuchen: Von der Agrar-Fachwelt wurde der Frutteto S/V ActiveDrive im Rahmen des Wettbewerbs „Traktor des Jahres 2016“ bereits mit dem Titel „Best of Specialized“ ausgezeichnet. Es scheint also, als hätte auch SAME einen ausgezeichneten Jahrgang aufgelegt. ■

Simone Tremolada, Andrea Degiorgi, Giorgio Gavina, Abteilung F&E, SDF



α_{DX} = Messung des Lenkwinkels
 V = Fahrgeschwindigkeit
 ω_{DX} = Geschwindigkeit der rechten Vorderradwelle
 ω_{SX} = Geschwindigkeit der linken Vorderradwelle
 $\Delta\tilde{\omega}$ = Schätzung der Differentialgeschwindigkeit
 $\Delta\omega$ = Gemessene Differentialgeschwindigkeit
 $\Delta\tilde{\omega}_{Offset}$ = Einstellbarer Ausgleich – Regelungsparameter
 i_{valve} = Stromfluss zum Magnetventil

Auszug der Regelungsarchitektur: Die berechneten Stellgrößen werden als Befehle für die Magnetventile (in diesem Fall des Differentials) ausgegeben.

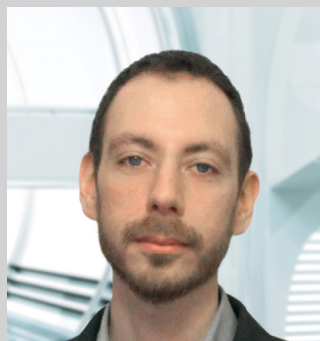


Testdiagramm aus der Erprobung des Frutteto S/V ActiveDrive: Die Sensorik erkennt einen sich andeutenden Radschlupf frühzeitig und aktiviert in weniger als 200 ms das Sperrdifferential.

Simone Tremolada
 Simone Tremolada arbeitet als Systemintegrationsmanager und Technischer Projektleiter für das ActiveDrive-Projekt bei SDF in Treviglio, Italien.



Andrea Degiorgi
 Andrea Degiorgi arbeitet als Applikationssoftware-Ingenieur im ActiveDrive-Projekt bei SDF in Treviglio, Italien.



Giorgio Gavina
 Giorgio Gavina arbeitet als leitender Systemsoftware-Ingenieur und Experte für Software des Antriebsstrangs im ActiveDrive-Projekt bei SDF in Treviglio, Italien.

