



Wer Innovationen für den fahrdynamischen Grenzbereich entwickelt, braucht Werkzeuge, die das Verhalten des Fahrzeugs selbst nicht verfälschen. BMW Motorrad hat diese anspruchsvolle Aufgabe elegant gelöst.

Die Realität ist der Maßstab

Für die Entwicklung neuer Funktionen setzt BMW Motorrad auf die modellbasierte Entwicklung und Rapid Control Prototyping (RCP) direkt am Fahrzeug. Neue Regler wie Bremschlupfregelung (ABS), Antriebschlupfregelung (ASC/DTC) und Feder-/Dämpferregelung (DDC) wer-

den unter MATLAB®/Simulink® entwickelt, wobei grundsätzliche Funktionsaspekte in der Offline-Simulation analysiert werden können. Allerdings führen komplexe Einflussfaktoren wie das Verhalten des Fahrers am Fahrzeug, die Reifen und die Tatsache, dass im Bereich Fahrdynamik oft im Grenzbereich gearbeitet wird, dazu,

dass die Qualität eines Reglers nur am realen Fahrzeug beurteilt werden kann. Für den Einsatz am Fahrzeug nutzt die Entwicklungsabteilung für Brems- und Regelsysteme bei BMW Motorrad (im Folgenden Funktionsentwicklung genannt) sowohl dedizierte RCP-Systeme als auch Seriensteuergeräte mit speziellen Entwick-



Maximale Schräglage

Entwicklung und Erprobung von Fahrdynamikreglern am Motorrad

lungs-Softwareständen. Beide Ansätze haben Vor- und Nachteile.

Der richtige Schwerpunkt zählt

Dank hoher Rechenleistung, flexibler I/O und umfangreicher, intuitiver Konfigurationsmöglichkeiten erlauben RCP-Systeme eine schnelle, komfortable Entwicklung bei kürzesten Iterationszyklen. Allerdings gibt es einige Aspekte, die den Einsatz von RCP-Systemen erschweren. So verändert ein am Motorrad montiertes RCP-System die Schwerpunktlage und beeinflusst damit grundsätzlich

das Fahrverhalten bei Testfahrten. Dies ist ein essentielles Problem für die Fahrdynamikentwicklung. Des Weiteren erschwert der Ein- und Ausbau eines RCP-Systems den Wechsel zwischen verschiedenen Versuchsfahrzeugen. Und schließlich erfolgt der Einsatz eines RCP-Systems unter extrem schwierigen Bedingungen. Beispielsweise erzeugt ein direkt am Rahmen verbauter Motor bei Drehzahlen von bis zu 14.000 U/min Vibrationen, die selbst für Seriensteuergeräte eine echte Herausforderung darstellen. Aus diesen

Gründen greift die Funktionsentwicklung für Tests und Prototyping regelmäßig auf das Seriensteuergerät des Motorrads zurück.

Serie vor Vorentwicklung

Da die Funktionsentwicklung keinen direkten Zugriff auf die Entwicklungsumgebung und den Quellcode der Steuergeräte-Software hat, nimmt sie dazu die Hilfe der für die Serienentwicklung zuständigen Software-Abteilung in Anspruch. Diese setzt den C-Code neu entwickelter Simulink-Funktionen in einen

Bei dem Supersportler BMW S 1000 RR sorgt eine dynamische Traktionskontrolle (DTC) dafür, dass der Fahrer jederzeit die unter den aktuellen Straßenverhältnissen maximal mögliche Leistung abrufen kann. Die DTC überwacht dazu u.a. die Raddrehzahl des Hinterrads und die Informationen der Sensor-„Box“ (u.a. Schräglageninformation). Zudem begrenzt es das Motor-moment u.a. abhängig vom Hinterradschlupf und verhindert ein Ausbrechen oder Rutschen des Motorrads. So kann die Sicherheit des Fahrers bei sportlichen Fahrmanövern auch bei schwierigen Straßenverhältnissen verbessert werden.

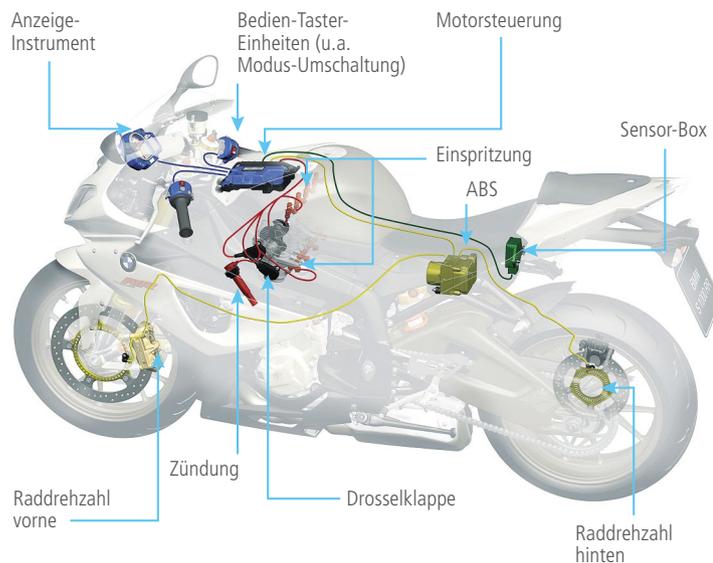


Abbildung 1: Systemaufbau der dynamischen Traktionskontrolle.

speziellen Software-Stand für die Funktionsentwicklung um. Von Vorteil ist, dass sich solche Software-Stände unkompliziert auf verschiedene Steuergerätevarianten flashen lassen und so einen schnellen Wechsel zwischen Versuchsfahrzeugen erlauben. Nachteilig sind die relativ

gleichzeitig den hohen Komfort etablierter Rapid-Control-Prototyping-Werkzeugketten zu nutzen.

Neue Methodik: On-Target Prototyping

Mit dem ECU Interface Manager und dem RTI Bypass Blockset von dSPACE

Funktionsentwicklung zuvor unter MATLAB/Simulink entwickelte Funktionen direkt in den Hex-Code einer im Projekt genutzten Serien-Software (Abbildung 2). Zugriff auf den Quellcode und die Build-Umgebung der Serien-Software war nicht nötig. Von der Software-Abteilung waren

„Mit der On-Target-Prototyping-Technologie von dSPACE steht uns eine neue Entwicklungsmethodik zur Verfügung, die uns unabhängig macht und somit Aufwände und Zeit spart. Wir bleiben konzentriert auf die Innovation.“

Martin Heidrich, BMW Motorrad

langen Vorlaufzeiten und entsprechend lange Iterationszyklen, zudem haben Serienaktivitäten im Allgemeinen Vorrang vor Vorentwicklungsaktivitäten. Des Weiteren begrenzt der für Entwicklungszwecke zur Verfügung stehende Speicherplatz die Anzahl der gleichzeitig integrierbaren Reglervarianten, was das Benchmarking mehrerer Reglervarianten gegeneinander erschwert. Optimal wäre es, direkt auf einem Steuergerät zu entwickeln, das speziell für den Einsatz am Motorrad ausgelegt wurde, aber

steht eine solche Werkzeugkette, die Rapid Control Prototyping direkt auf Seriensteuergeräten ermöglicht, zur Verfügung. Daher entschloss sich BMW Motorrad, die Werkzeugkette in einem neuen Entwicklungsprojekt für die Weiterentwicklung der dynamischen Traktionskontrolle (DTC) der BMW S 1000 RR (Abbildung 1) einzusetzen und zu erproben.

On-Target Prototyping in der Praxis

Weitestgehend unabhängig von der Serienentwicklung integrierte die

dazu nur wenige Konfigurationsinformationen notwendig, die beim Bau der Serien-Software ohnehin anfallen. Schnell ließen sich die modifizierten Software-Stände nun auf die Steuergeräte unterschiedlicher Versuchsfahrzeuge flashen und die Funktionen während Probe-fahrten testen. Die dort gewonnenen Erkenntnisse flossen umgehend in die Verbesserung der Funktionen ein und wurden mittels neuer Software-Stände am Fahrzeug erneut getestet. Mit diesem schnellen, iterativen

Prozess war es möglich, eine größere Zahl von Reglervarianten als bisher zu erproben, schnell zwischen Versuchsfahrzeugen zu wechseln und die neuen Funktionen zu einem höheren Reifegrad zu bringen. Der von RCP-Systemen gewohnte Bedienkomfort blieb dabei voll erhalten. Selbst kurzfristige Änderungswünsche des Managements ließen sich flexibel und zügig umsetzen.

White-Box Tests on Target

Aber nicht nur die eigentliche Entwicklungsarbeit profitierte vom Einsatz des On-Target Prototypings. Schnell wurde klar, dass sich die neue Werkzeugkette auch für die abschließenden Abnahmetests neuer Funktionen eignet. Neben der Neuentwicklung von Funktionen liegt auch die Abnahme und abschließende Freigabe des durch die Software-Abteilung implementierten Seriencodes in der Verantwortung der Funktionsentwicklung. Durch die Möglichkeit, direkt auf die Ein- und Ausgangsgrößen der neuen Funktionen innerhalb des Seriensteuergeräts zugreifen zu können, war es möglich, auch unter

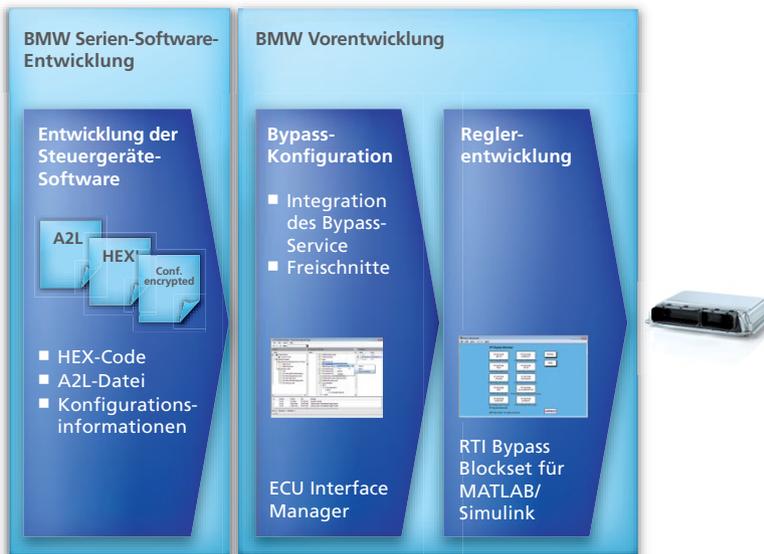


Abbildung 2: Der Workflow mit dem ECU Interface Manager: Mit ihm lassen sich neue Funktionen direkt in die Software der Seriensteuergeräte integrieren.

Echtzeitbedingungen White-Box Tests der Serienimplementierungen durchzuführen. Damit konnte auf die externe Stimulation der I/O und die Nutzung realer Sensoren sowie auf eine aufwändige Restbussimulation verzichtet und ein großer Teil der

Abnahmetests von der Straße ins Labor verlagert werden. Das Resultat war ein reduzierter Verifikationsaufwand und auch hier eine deutlich verkürzte Verifikationsphase. ■

Martin Heidrich, Josef Rank, BMW Motorrad

Fazit

BMW Motorrad konnte ihren Entwicklungsprozess erfolgreich um eine neue Entwicklungsmethodik, das On-Target Prototyping, erweitern. Diese auf dem dSPACE ECU Interface Manager und RTI Bypass Blockset basierende Methodik wurde im Entwicklungsprojekt evaluiert und hat sich dort voll bewährt. Sie gibt mehr Flexibilität, hilft Entwicklungszyklen zu kürzen und erlaubt es, schneller eine höhere Produktreife zu erreichen. All dies half den BMW Entwicklern, sich voll auf das zu konzentrieren, was bei BMW Motorrad im Mittelpunkt steht – Innovation.

Martin Heidrich

Martin Heidrich ist Funktions- und Software-Entwickler für Fahrwerksregelsysteme bei BMW Motorrad in München, Deutschland.



Josef Rank

Josef Rank ist Funktionsentwickler und Applikateur ASC/DTC bei BMW Motorrad in München, Deutschland.

