



BMW Motorrad Motorsport –

Erfolge

aus dem Elektronik-Labor

Als offizieller Partner von BMW Motorrad Motorsport holt dSPACE die Rennstrecken der Superbike-Weltmeisterschaft ins Labor.



BMW ist auch im Motorradsport auf der Überholspur. Seit 2009 nimmt BMW Motorrad erfolgreich an der Superbike-Weltmeisterschaft teil. Neben dem Top-Thema Sicherheit wird Zuverlässigkeit im Rennsport großgeschrieben. Das gilt besonders für die Motorsteuerung der Rennmaschinen. BMW Motorrad setzt auf dSPACE, um die Qualität der komplett selbst entwickelten Steuergeräte sicherzustellen.

Kompetenzzentrum Motorsport

BMW Motorrad kann auf eine 87-jährige Rennsporttradition zurückblicken, ist jedoch bei der Superbike-Weltmeisterschaft als Neuling eingestiegen. Seit 2009 startet das BMW-Team dort mit der Rennmaschine S 1000 RR. Im oberbayerischen Stephanskirchen bei Rosenheim ist in Zusammenarbeit mit der Firma alpha Racing ein Motorsport Kompetenzzentrum für die Weiterentwicklung der Maschine entstanden. BMW-Entwicklungsingenieure sind für die Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit der S 1000 RR in der Superbike-Weltmeisterschaft verantwortlich.

Elektronikentwicklung bei BMW Motorrad

Die Elektronikentwicklung ist im Motorsportbereich eine BMW Kernkompetenz. Die selbst entwickelte Motorsteuerung, die RSM5 (Rennsport Motorsteuerung 5. Generation) spielt für das World-Superbike-Projekt eine wesentliche Rolle. Von der Auswahl der einzusetzenden Prozessoren und Bauteile über das Layout der Platinen bis hin zur Programmierung der Low- und High-Level-Funktionen werden alle Arbeitsschritte bei BMW Motorrad durchgeführt. Auf neue Anforderungen der Test- und Rennstrecken kann deshalb schnell und flexibel reagiert werden. Beispielsweise wurden mehr als

>> Weiter auf Seite 39

BMW-Fahrer Ruben Xaus hochkonzentriert mit Renningenieur Wolfgang Martens kurz vor dem Rennen in Portimão, Portugal 2010.





Ernst Henne

Meilensteine

der 87-jährigen Historie von BMW Motorrad

Chefkonstrukteur Max Friz entwickelt **1923** das erste BMW Motorrad, die R 32.

1933 holt das Team von Ernst Henne in Wales auf 33 PS starken Boxermaschinen vom Typ R 16 erstmals den Titel der Geländefahrer-EM nach Deutschland. Der Geländesport dient zur Erprobung von Innovationen. Sowohl Teleskopgabel als auch die erste BMW-Hinterradfederung absolvieren bei den Sechstagesfahrten ihre Feuertaufe, bevor sie in Serienmodelle verbaut wurden.

Ernst Henne erzielt **1937** den Geschwindigkeitsweltrekord mit 216,75 km/h. Der Rekord hat 14 Jahre lang Bestand und verschafft BMW Weltgeltung als Motorradhersteller.

1963 Technik-Durchbruch der BMW Wettbewerbsmaschinen durch neues Fahrwerk, die in ihrer Fahrstabilität jetzt auch auf US-Highways neue Maßstäbe setzen und deren Fahrwerk **1969** in der 5er Reihe verbaut wird.

Erster „Superbike“-Erfolg für BMW im Jahr **1976** in Daytona, USA. Der Amerikaner Steve McLaughlin gewinnt das AMA-Superbike-Rennen

in einem spannenden Fotofinish gegen seinen Teamkollegen.

Mit der R 100 RS baut BMW **1984** das erste Serienmotorrad der Welt mit Vollverkleidung. Neben aerodynamischen Überlegungen steht der Schutz des Fahrers vor Wind und Wetter im Vordergrund der Entwicklung.

Mit dem Franzosen Hubert Auriol, der wegen seines Navigationstalentes auch „der Afrikaner“ genannt wird, gewinnt BMW **1981** und **1983** bei der Wüstenrallye „Paris-Dakar“, der schwersten Rallye der Welt.

Als erster Hersteller der Welt bringt BMW **1988** ein elektronisch-hydraulisches Anti-Blockier-System (ABS) für Motorräder auf den Markt.

Zur INTERMOT **2004** präsentiert BMW mit der K 1200 S seinen ersten quer eingebauten Vierzylindermotor.

167 PS (123 kW) sind ein Vorstoß in eine neue Leistungsdimension für BMW Motorrad.

Einstieg in das Superbike-Weltmeisterschaftsjahr **2009** beim ersten Rennen in Phillip Island, Australien. Die Serienmaschine BMW S 1000 RR bietet innovative Features wie das 2,5 kg leichte Race-ABS und eine schräglagenabhängige, schlupfzulassende dynamische Traktionskontrolle.

2010 kommen die BMW-Fahrer Troy Corser und Ruben Xaus bei der Superbike-Weltmeisterschaft in Portimão unter die ersten zehn. Troy Corser fährt in Monza als Dritter für das Team BMW Motorrad Motorsport in der Superbike-Weltmeisterschaft auf das Siegerpodest – das bisher beste Ergebnis. Weitere spannende Rennen auf legendären Rennstrecken wie dem Nürburgring oder dem Circuit in Imola folgen.



>> Fortsetzung von Seite 37

14 Softwareversionen für die 28 weltweiten Superbike-Rennen an insgesamt 14 Tagen der Saison 2009 erstellt und gefahren.

Zuverlässigkeit als oberste Priorität

Elektrik und Elektronik machen ein Bike nicht nur schnell, sondern auch zuverlässig. „To finish first, first you have to finish.“ – an dieser Rennsportdevise hat sich das BMW-Motorrad-Team orientiert und sich für einen Fullsize Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulator von dSPACE entschieden, um die Steuergeräte unter anderem mit dSPACE AutomationDesk automatisiert zu testen (Abbildung 1). Der Simulator erfüllt primär drei Hauptaufgaben:

- Automatisierte Qualitätssicherung der Steuergeräte-Hardware
- Automatisierte, individuelle Steuergeräte-Kalibrierung
- High-Level-Softwareentwicklung mithilfe eines kompletten Fahrzeugmodells

„Der Entwicklungsanspruch von BMW Motorrad ist es, Probleme nicht auf der Teststrecke oder gar auf der Rennstrecke zu finden.“

Ralf Schmidt, BMW Motorrad

Automatisierte Qualitätssicherung

Um die Motorsteuerung RSM5 absolut zuverlässig auf die Strecke zu bringen und für Kleinserien einfach zu reproduzieren, muss die Qualität der Steuergeräte automatisiert sichergestellt werden. Fehler in der Elektronik sind nicht akzeptabel, da ein Ausfall auf der Renn- und Teststrecke ausgeschlossen werden muss. Die Steuergeräte werden nach jeder Hardware- und Softwareänderung einem fast zweistündigen Testprogramm am dSPACE HIL-Prüfstand unterzogen. Hierbei werden die Ein-



Letzter Check vor dem Rennen am Superbike. Die Nervosität steigt auch bei BMW-Pilot Troy Corser.

gänge mit dem Simulator stimuliert und die Ausgänge, wie beispielsweise Zünd- und Einspritzsignale, über den Simulator zurückgelesen. Diese werden dann mit den berechneten Werten des Steuergeräts, die über die ASAM-MCD-3-Schnittstelle vom Simulator an das Steuergerät geschickt werden, verglichen. Die erlaubten Abweichungen werden bewertet, und in einem über 100-seitigen Testprotokoll dokumentiert und archiviert. Falls ein Kanal über

hen Fertigungstoleranzen, die sich beispielsweise als Gain- und Offset-Werte bei manchen analogen Eingangskanälen bemerkbar machen. Um diese Abweichungen zu eliminieren wird jedes Steuergerät automatisiert vom Simulator vermessen. Dazu wurde mit AutomationDesk ein Testprotokoll implementiert, das gezielt Signalspannungen an jeden einzelnen analogen Eingangskanal des Steuergeräts anlegt.

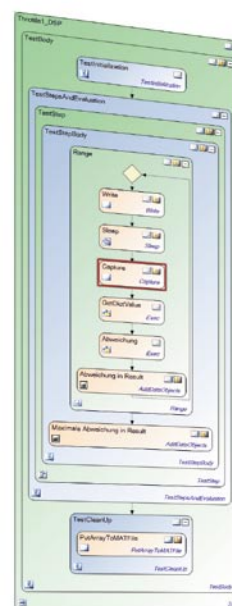


Abbildung 1: AutomationDesk hat eine grafische Benutzeroberfläche zum Erstellen und Ändern von Testprojekten und Testsequenzen.

einer definierten Abweichungsschwelle liegt, wird das gesamte Steuergerät in einem Intensivtest komplett zerlegt, um die Ursache zu finden und den Fehler zu beheben. Nur so kann die Qualität der Hard- und Software zuverlässig und kontinuierlich gesichert werden. Mit dieser Vorgehensweise wurde für die eingesetzten Systeme ein ausgezeichneter Qualitätsstandard erreicht.

Automatisierte, individuelle Kalibrierung

Da die Steuergeräte in sehr geringer Stückzahl produziert werden, entste-

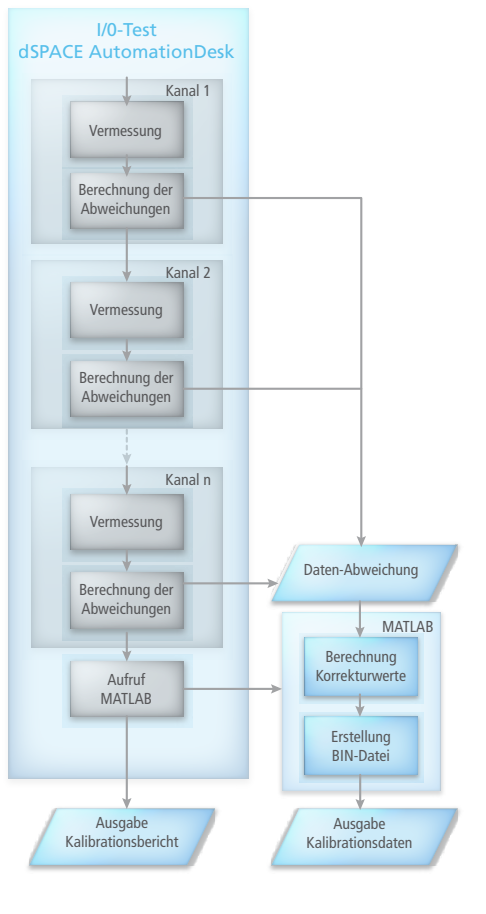


Abbildung 2: Ermittlung der Korrekturwerte mit der Steuergerätekalibration, bestehend aus flexibler Hardware und skalierbarer Software für Mess-, Applikations- und Diagnoseaufgaben.

Jeder Spannungswert wird wiederum über die ASAM-MCD-3-Schnittstelle vom Steuergerät zum Simulator übertragen und die Abweichung protokolliert. Mit MATLAB® wird dann automatisiert eine individuelle, binäre Kalibrierungsdatei erstellt, die in den Flash-Speicher des Steuergeräts geschrieben wird. Funktionen der Steuergerätesoftware nutzen diese Kalibrierdaten, um Bauteiltoleranzen in jedem Steuergerät individuell auszugleichen. Sogar die beiden BMW-Motorrad-Werksfahrer Troy Corser und Ruben Xaus haben den dadurch erzielten Qualitätssprung bemerkt und dem Team ein sehr positives Feedback bezüglich der identischen Reproduktion der Steuergeräte gegeben (Abbildung 2).



Labor-Test des Motorsteuergerätes RSM5 von BMW Motorrad Motorsport am dSPACE HIL-Prüfstand.

Entwicklung eines kompletten Fahrzeugmodells

Ende 2009 wurde mit der Entwicklung eines Fahrtdynamikmodells speziell für die Rennversion der BMW S 1000 RR in MATLAB/Simulink® begonnen, wobei der Fokus zunächst auf die Längsdynamik des Fahrzeugs beschränkt war. Ziel ist es, eine möglichst realistische Abbildung des realen Fahrzeugs zu generieren, um komplexe Regelfunktionen wie Traction Control, Launch Control oder Wheelie Control bereits im Labor zu simulieren. Das Entwicklungslabor in Stephanskirchen bietet dem Team dafür einen idealen Standort. Hier konzentriert sich das Know-how der Spezialisten aus den Fachbereichen Motor und Fahrwerk sowie dem alpha-Racing-Team, die alle Input für eine detailgetreue Abbildung des realen Fahrzeugs liefern. Viel Zeit und hohe Kosten, zum Beispiel für die Miete der Rennstrecke, das Personal und das Equipment, die sogenannte Track-time, können dadurch eingespart werden.

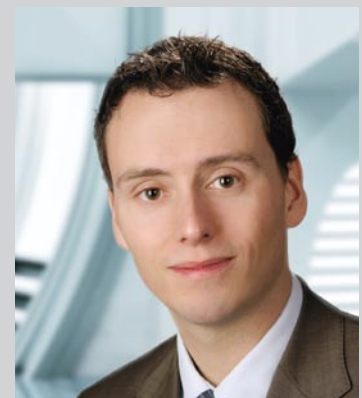
Die Rennstrecke im Labor

Durch die zahlreichen Testeinsätze der S 1000 RR und die 28 Rennen in der World-Superbike-Saison 2009 konnten durch den leistungsfähigen, integrierten Datenlogger der Motorsteuerung RSM5 extrem viele Aufzeichnungsdaten gesammelt werden, die nun als Stimuli für das neu entwickelte Modell des Fahrzeugs verwendet werden können:

- Gasgriffstellung
- Lenkwinkelstellung
- Hydraulikdruck der Vorder- und Hinterradbremsen
- Gangposition
- Kraft am Gangschalthebel
- Startknopf
- Not-Aus-Schalter

Die ersten Versuche im Labor zeigten, dass im Bereich der Längsdynamik die berechneten Größen des Modells nahezu identisch mit den realen Größen des Rennfahrzeugs sind. Simuliert wurden legendäre Rennstrecken wie der Nürburgring, Monza oder Valencia, die im Rahmen der Superbike-Weltmeisterschaft als Austragungsort dienen und somit als Datensammlung zur Simulation mit dem dSPACE Simulator vorlagen.

Ralf Schmidt,
BMW Motorrad Motorsport
Entwicklung Elektrik/Elektronik
München, Deutschland



Technische Daten des Superbike S 1000 RR:

Hubraum:	999 cm ³ , Viertakt-Vierzylinder, flüssigkeitsgekühlt
Getriebe:	6-Gang
Leistung:	> 200 PS bei >14.000 min ⁻¹
Bohrung x Hub:	80 x 49,7 mm
Verdichtungsverhältnis:	14:1
Trockengewicht:	162 kg
Vorderradfederung:	Öhlins Upsidedown-Teleskopgabel, ø 43 mm
Hinterradfederung:	Öhlins TTX

„Die automatisierte Steuergerätequalitätssicherung ist bei BMW Motorrad nicht mehr wegzudenken, da die Attribute höchste Zuverlässigkeit und identische Reproduktion der Motorsteuerungen unverzichtbar geworden sind.“

Ralf Schmidt, BMW Motorrad



Herausforderung Querdynamik

Der schwierigste Block des Fahrzeugmodells ist die Querdynamik. Die Fahrdynamik eines Einspurfahrzeugs ist durch die sich permanent ändernden Radaufstandskräfte, hervorgerufen durch die Gewichtsverlagerung des Fahrers, äußerst komplex. Sie kann nur über ein exaktes Modell der Schwerpunktage des Fahrzeugs nachgebildet werden. Der Fahrer

arbeitet beispielsweise mit seinem Körpergewicht im Beschleunigungsvorgang gegen ein aufsteigendes Vorderrad, dem sogenannten Wheelie. Bei engen Kurvenfahrten neigt sich das Fahrzeug zudem durch den Impuls des Lenkeinschlags bis zu 65 Grad in die Kurve. Die Radaufstandskräfte und die daraus resultierende mögliche Kraftübertragung des Motors hängen sehr stark von der

Gewichtsverlagerung des Fahrers ab. Ziel ist es daher, diese Aktionen realitätsgetreu in einem Modell nachzubilden, damit weitere Erfolge für das BMW-Team bei der Superbike-Weltmeisterschaft gesichert sind.

Ausblick auf die World Superbike 2010

In der Saison 2010 wollen die BMW-Fahrer Ruben Xaus und Troy Corser konstante Ergebnisse abliefern. Die Weiterentwicklung der Elektrik und Elektronik der S 1000 RR sowie der Simulationsmodelle sind die Ziele, die sich ihr Team gesetzt haben, um einen wichtigen Beitrag für einen erfolgreichen Einsatz der S 1000 RR in der Superbike-Weltmeisterschaft zu leisten. ■

*Ralf Schmidt
BMW Motorrad Motorsport
Entwicklung Elektrik/Elektronik
München, Deutschland*

Superbike-Fahrer Ruben Xaus und Renningenieur Wolfgang Martens haben bei der Leistung der S 1000 RR ein gutes Gefühl.

