

Saubere Luft mit RCP

➤ **Kooperation von DaimlerChrysler AG und TU Darmstadt**

➤ **Neue Messstrategie mit Rapid Control Prototyping**

➤ **Einhaltung strenger Emissionsgrenzwerte**

Bei der DaimlerChrysler AG in Stuttgart konnte durch den konsequenten Einsatz von dSPACE-basierten RCP (Rapid Control Prototyping)-Systemen die Funktionsentwicklung für die neuen Nutzfahrzeug-Motorenbaureihen wesentlich beschleunigt werden. Die am Institut für Automatisierungstechnik (IAT) in Darmstadt entwickelte modellgestützte Vermessungsstrategie wird auf modularer dSPACE-Hardware ausgeführt und erlaubt den direkten Anschluss der Aktorik und Sensorik des Motors. Ergänzt werden diese Systeme durch MicroAutoBoxen, die mittels XCP an bestehende Steuergeräte angebunden werden.

Steigende Anforderungen bei gesetzlichen Emissionsgrenzwerten stellen Motorenentwickler vor die Aufgabe, die Einhaltung der Grenzwerte in allen Betriebsbereichen des Motors sicherzustellen. Zusätzliche Stellgrößen des

MATLAB®/Simulink® und testeten diese im Bypass-Betrieb am Motorenprüfstand. Bypass bedeutet, dass nur die neue Funktion vom RCP-System übernommen wird und alle anderen Funktionen auf dem Seriensteuergerät verbleiben.



▲ *Modulares RCP-System mit Nutzfahrzeug-Sensor/Aktor-Interface des IAT.*

Motors wie Abgasrückführrate, Turbolader mit verstellbaren Schaufelrädern, Einspritzparameter etc. spielen dabei eine

wichtige Rolle. Mit steigender Anzahl an zu regelnden Stellgrößen wächst auch der Aufwand zur Entwicklung der notwendigen Funktionen im Steuergerät. Da etwa 60% der Emissionen während der Beschleunigungs- und Verzögerungsphasen entstehen, wird die

Datenerfassung mit RCP

Um die notwendigen Daten für die Funktion zu erhalten, haben wir einen Motor zunächst am Prüfstand dynamisch vermessen. Unsere am IAT entworfene Mess-

„Ohne diese Systeme wäre der Zeitaufwand für die Motorenentwicklung deutlich höher bzw. könnte die Qualität der Ergebnisse teilweise überhaupt nicht erreicht werden.“

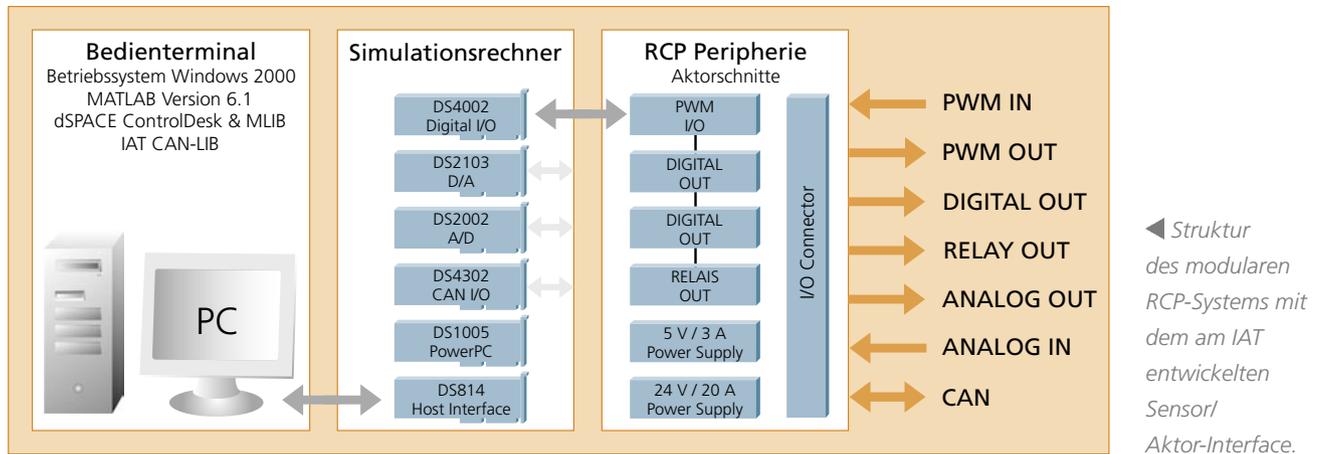
Dipl.-Ing. Peter Renninger

„Wir haben derzeit mehr als 10 dSPACE-Systeme in der Nutzfahrzeug-Motorenentwicklung im Einsatz.“

Dipl.-Ing. Peter Renninger

Optimierung im dynamischen Motorbetrieb immer wichtiger. Mit dem RCP-System von dSPACE gestaltet sich der Entwicklungsprozess wesentlich effektiver als vorher. Zuerst entwickelten wir eine neue Funktion unter

strategie verzichtet teilweise auf den Einschwingvorgang des Motors, wodurch die Messzeiten erheblich reduziert werden. Möglich wurde diese Art der Messung erst durch den Einsatz eines echtzeitfähigen RCP-Systems. Es überschreibt die Ausgangssignale der Motorsteuerung mit speziellen Anregungssignalen und zeichnet die zugehörigen Messgrößen mit hoher Abtastrate auf. Dieses Vorgehen erlaubt im Gegensatz zur herkömmlichen Vermessung eine kontinuierliche Aufzeichnung der Sensordaten, auf deren Grundlage wir dann ein Modell der Parameter und der Steuerkennfelder entworfen haben. Hierbei kamen sowohl blockorientierte Modellansätze (Polynomgleichungen mit externer Dynamik) als auch neuronale Netze vom Typ LOLIMOT (Local Linear Model Tree) zum Einsatz, die eine sehr einfache Approximation nichtlinearer Prozesse erlauben. Anhand dieser Modelle des Motorverhaltens erfolgt die Optimierung der Steuerkennfelder offline. Dies erlaubt eine systematische Prüfung der verschiedenen



Anforderungen an Verbrauch, Ansprechverhalten und Emission sowie die Berücksichtigung verschiedener dynamischer Testzyklen.

Diese Entwicklungskette wurde bei DaimlerChrysler im Rahmen der Entwicklung einer kombinierten AGR/WG (Abgasrückführung/Wastegate)-Regelung für einen 6-Zylinder-Dieselmotor der Baureihe 900 erfolgreich angewendet. Es konnte in kurzer Zeit eine Regelung entwickelt und automatisiert kalibriert werden, die alle gestellten Anforderungen an Emission und Dynamik erfüllt.

Das RCP-System von dSPACE

Das vom IAT verwendete RCP-System basiert auf modularer dSPACE-Hardware, bestehend aus verschiedenen Steckkarten. Diese werden um ein Hardware-Interface

ergänzt, über das wir Sensorik und Aktorik sowie ein CAN-Interface auf Lkw-Spannungsniveau (24 Volt) angeschlossen haben. Zur größeren Flexibilität wurden zusätzlich noch 12-Volt- und 42-Volt-Spannungsebenen vorgesehen. Ist für die Anwendung bereits ein Prototypsteuergerät vorhanden, setzen wir eine MicroAutoBox ein, die mit Hilfe des XCP-Protokolls über CAN mit der Motorsteuerung kommuniziert. Sie übernimmt dabei sowohl die Messung der Sensoren als auch die Ansteuerung der angeschlossenen Aktoren. Die notwendigen Programme zur Funktionsentwicklung und Vermessung wurden dazu unter MATLAB/Simulink geschrieben. Mit ControlDesk von dSPACE konnten wir die Experimente über eine grafische Oberfläche bequem überwachen. Mit beiden Systemen, modularer Hardware und MicroAutoBox, ist der Entwickler am Prüfstand in der Lage, alle relevanten Motorsteuergrößen in Echtzeit über das dSPACE-System aufzuzeichnen und an geeigneten Einstiegsunkten Signale der Motorsteuerung durch Signale des RCP-Systems zu ersetzen.

*Dipl.-Ing. Peter Renninger
Teamleiter TPC/IPST
DaimlerChrysler AG, Stuttgart*

*Dipl.-Ing. Matthias Weber
Institut für Automatisierungstechnik,
Technische Universität Darmstadt*

*„Die RCP-Systeme verkürzen neben der Funktionsentwicklung auch die Messzeiten am Prüfstand, da sie den Einsatz neuer dynamischer Vermessungsstrategien am Motorenprüfstand ermöglichen.“
Dipl.-Ing. Matthias Weber*

ergänzt, über das wir Sensorik und Aktorik sowie ein CAN-Interface auf Lkw-Spannungsniveau (24 Volt) angeschlossen haben. Zur größeren Flexibilität wurden zusätzlich noch 12-Volt- und 42-Volt-Spannungsebenen vorgesehen. Ist für die Anwendung bereits ein Prototypsteuergerät vorhanden, setzen wir eine MicroAutoBox ein, die mit Hilfe des XCP-Protokolls über CAN mit der Motorsteuerung kommuniziert. Sie übernimmt dabei sowohl die Messung der Sensoren als auch die Ansteuerung der angeschlossenen Aktoren. Die notwendigen Programme zur Funktionsentwicklung und Vermessung wurden dazu unter MATLAB/Simulink geschrieben. Mit ControlDesk von dSPACE konnten wir die Experimente über eine grafische Oberfläche bequem überwachen. Mit beiden Systemen, modularer Hardware und MicroAutoBox, ist der Entwickler am Prüfstand in der Lage, alle relevanten Motorsteuergrößen in Echtzeit über das dSPACE-System aufzuzeichnen und an geeigneten Einstiegsunkten Signale der Motorsteuerung durch Signale des RCP-Systems zu ersetzen.

Glossar

XCP – CP steht für Calibration Protocol, X für verschiedene Kommunikationsarten, z. B. CAN, USB.

Neuronale Netze – Motiviert durch das biologische Vorbild (z. B. Nervensystem, Gehirn), ein Rechenmodell für Informationsverarbeitung.

Einschwingvorgang – Bezeichnung für den Verlauf einer erzwungenen Schwingung, von Anbeginn der Erregung bis zum Einstellen des stationären Schwingungszustandes.