

# Das BRAKE-Forschungsprojekt

- Delphi nutzt TargetLink für neues Brake-by-Wire-System
- Vier Unternehmen arbeiten im EU-Forschungsprojekt BRAKE zusammen
- Funktionsfähiges Brake-by-Wire-Prototyp-Fahrzeug als Ergebnis



Mit dem Ziel, ein sicheres, auf einer verteilten Regelung basierendes Brake-by-Wire-System zu entwickeln, haben sich vier Unternehmen – darunter der Elektronikhersteller Delphi sowie Hersteller aus den Bereichen Automobil, Mikroprozessoren und Betriebssysteme – zu dem von der Europäischen Union geförderten Forschungsprojekt BRAKE zusammengeschlossen und ein funktionsfähiges Prototyp-Fahrzeug entwickelt. Dieses wurde bereits der Öffentlichkeit vorgestellt. Bei dem Fahrzeug wurde die Hydraulik des Bremssystems vollständig durch elektromechanische Komponenten ersetzt. Im Verlauf des Projekts setzte Delphi den Code-Generator TargetLink in großem Umfang ein.

## Das BRAKE-Projekt

Heutzutage versuchen Fahrzeughersteller aus einer Vielzahl von Gründen, die mechanischen Subsysteme im Fahrzeug durch rein elektronische Komponenten zu ersetzen. Dies führt nicht nur zu einer Gewichtsreduzierung der Fahrzeuge, sondern bietet auch die Möglichkeit, eine große Zahl neuer Leistungsmerkmale zu entwickeln, die mit mechanischen Systemen nicht realisiert werden

können. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass elektronische Systeme auch untereinander kommunizieren und sicherheitsrelevante Informationen austauschen können. Mit dem BRAKE-Projekt wurde ein Schwerpunkt auf eine globale Herangehensweise bei der Regelungsentwicklung gesetzt. Ein wichtiges Ziel war die Entwicklung eines leistungsfähigen verteilten Brake-by-Wire-Systems in enger Zusammenarbeit zwischen dem Fahrzeughersteller, den Steuergeräte-Herstellern, den Herstellern sonstiger elektronischer Komponenten sowie den Herstellern von Software-Werkzeugen. Die Definition des BRAKE-Projekts sah folgende Kernziele vor: die Entwicklung

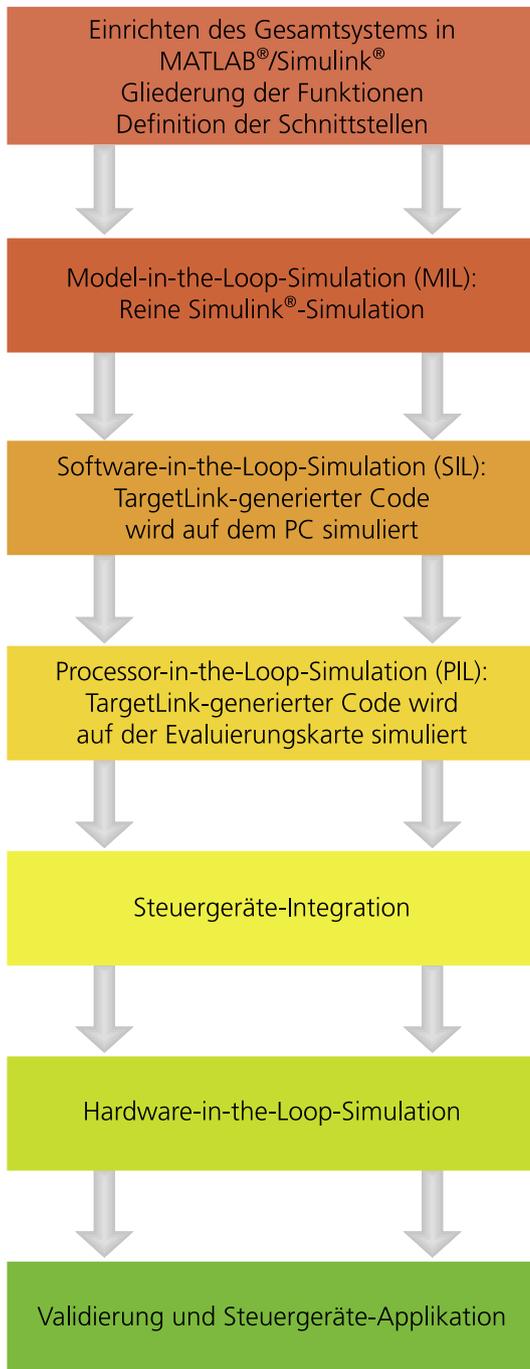
eines verteilten, ausfallsicheren Systems unter Benutzung eines zeitgesteuerten Kommunikationsprotokolls, die Anpassung eines bestehenden OSEK-basierten Betriebssystems an die Anforderungen zeitgesteuerter Systeme und die Definition einer offenen Schnittstelle zwischen allen Subsystemen.

## Teilaufgaben und Ergebnisse

Jedes am BRAKE-Projekt beteiligte Unternehmen hatte seine eigenen Teilaufgaben zu lösen, die eng mit den Aufgaben der anderen Unternehmen verknüpft waren. Das Gesamtsystem, bestehend aus Fahrzeugmodell, Bremsaktuatoren, Sensoren, Kommunikation, elektronischen Steuergeräten, Regelungsstrategie, Ein- und Ausgängen sowie Betriebssystem, wurde zu einem einzigen MATLAB®/Simulink®-Modell zusammengefügt. Zuerst erhielt Delphi den Objektcode für die Regelungsstrategien auf Fahrzeugebene in Simulink vom Fahrzeughersteller. Die integrierten, echtzeitfähigen Prozessoren, auf denen die Regelalgorithmen implementiert wurden sowie das notwendige zeitgesteuerte Kommunikationsprotokoll wurden von dem Hersteller des Mikroprozessors bereit-

► *Elektromechanische Bremsen sind Teil des neuen Brake-by-Wire-Systems, entwickelt im EU-Forschungsprojekt BRAKE. Das Ergebnis dieses Projekts, ein funktionsfähiges Brake-by-Wire-Prototyp-Fahrzeug, wurde bereits der Öffentlichkeit präsentiert und konnte auf dem Testgelände des Fahrzeugherstellers Probe gefahren werden.*





▲ Schritte des modellbasierten Entwicklungsprozesses im EU-Forschungsprojekt BRAKE.

gestellt, während der Betriebssystemhersteller ein System in Übereinstimmung mit dem OSEK-Standard lieferte, das speziell auf die zeitgesteuerte Implementierung der Software abgestimmt war. Delphi entwickelte die übrigen Software-Teile, wobei TargetLink für die automatische Seriencode-Generierung eingesetzt wurde. Auch die Software-Integration und der Bau des Prototyp-Steuer-

geräts wurden von uns durchgeführt. Als wesentlichen Erfolg des Projekts betrachten wir bei Delphi und bei den anderen drei Unternehmen die gemeinsam gewonnene Erfahrung mit dem modellbasierten Entwicklungsprozess, wodurch eine äußerst effiziente parallele Entwicklung möglich wurde. Zudem gewannen alle vier Unternehmen an Know-how zu Brake-by-Wire-Systemen und zu Entwicklungswerkzeugen für verteilte Systeme.

### Der modellbasierte Entwicklungsprozess

Der Entwicklungsprozess wird durch die im Schaubild links dargestellten Stufen gekennzeichnet. Da das gesamte System in einem einzigen Simulink-Modell angelegt wurde, konnte das Brake-by-Wire-System leicht simuliert werden. Sowohl Delphi als auch die Fahrzeughersteller haben Teile des gesamten Systemmodells beigesteuert. Delphi lieferte die Modelle für Aktuatoren und Sensoren, den Basis-Bremsalgorithmus, die Weiterverarbeitung der Sensorsignale, die Netzkommunikation und das Betriebssystem. Die verschiedenen Modellteile wurden über das Library-Konzept in Simulink verknüpft.

### Schlüssel zum erfolgreichen Projekt

Als großer Vorteil der praktizierten Vorgehensweise stellte sich heraus, dass durch den modellbasierten Entwicklungsprozess immer genau dieselben Tests in allen Teststufen verwendet werden konnten: Model-in-the-Loop-Simulation (MIL), Software-in-the-Loop (SIL), Processor-in-the-Loop (PIL) und Hardware-in-the-Loop (HIL). Mit Hilfe von TargetLink konnte das in Simulink gezeigte Verhalten präzise, schnell und konsistent in Einklang mit dem Delphi-Software-Prozess für sicherheitskritische Systeme in effizienten Code überführt werden. Das TargetLink Optimization Module (TOM) für den eingesetzten Prozessor war besonders nutzbringend, da es eine optimale Implementierung sichergestellt hat. Insgesamt konnten wir bei Delphi und den Fahrzeugherstellern 100 % der Regelungsstrategien mit TargetLink implementieren. Wir glauben, dass der Schlüssel für zukünftige Erfolge vor allem in folgenden Konzepten liegt: in einer offenen Architektur für Regelungssoftware im Fahrzeug mit industrieweit genormten Schnittstellenstandards, zudem in der modellbasierten Entwicklung sowie in der automatischen Code-Generierung.

*Pascal Chaumette,  
Paul Degoul  
Delphi Automotive Systems  
Frankreich*