

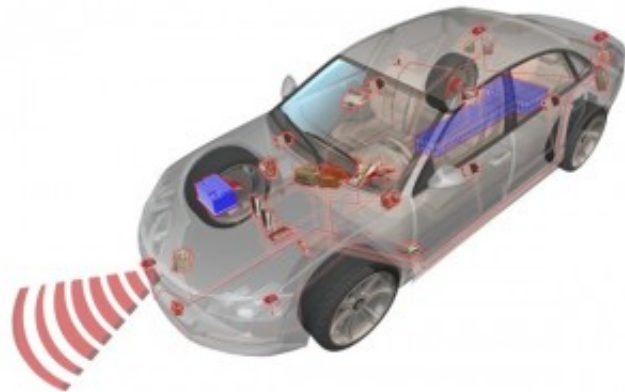
- AUTOMOBIL PRODUKTION - <http://www.automobil-produktion.de> -

# AUTOMOBIL PRODUKTION

## Entwurf moderner Fahrzeugbordnetze mittels Co-Simulation und Modellbibliothek

Erstellt am 19. Oktober 2013

**Die Notwendigkeit, CO<sub>2</sub>-Emissionen moderner Pkws weiter zu reduzieren, führt zu einem starken Trend in Richtung der Elektrifizierung von Fahrzeugkomponenten.**



Spezifikation der Bordnetzarchitektur und Auswahl der Komponenten mittels Co-Simulationsframework und Modellbibliothek.

- Bild: Virtual Vehicle

Am Virtual Vehicle, dem "Kompetenzzentrum – Das virtuelle Fahrzeug", kommen dafür Co-Simulation und Modellbibliothek zum Einsatz, um die zunehmende Komplexität der Entwicklung moderner Bordelektrik in den Griff zu bekommen.

Die Elektrifizierung von Fahrzeugkomponenten wird als einer der möglichen Ansätze gesehen, die künftigen Verbrauchs- und CO<sub>2</sub>-Reglementierungen der Gesetzgeber zu erfüllen. Elektrische Komponenten können zielgerichteter und damit effizienter betrieben werden. Allerdings stellt das traditionelle 14 V-Niederspannungsnetz eine Limitierung für eine weitere Elektrifizierung im Fahrzeug dar.

### **Anforderungen an die elektrische Energieversorgung**

Durch ein Ansteigen an elektrischen Komponenten im Fahrzeug steigt der Bedarf an elektrischer Leistung. Die daraus resultierende hohe Belastung des 14V-Bordnetzes, etwa in kritischen Fahrsituationen, kann etwa dazu führen, dass die Betriebsspannung der Steuergeräte eine kritische Schwelle unterschreitet und somit ein Fehlverhalten bis hin zum Neustart ausgelöst werden kann. Daher wird seit mittlerweile 15 Jahren die Einführung einer zweiten Spannungsebene (<60 V) diskutiert. Im Zweispannungsbordnetz können Generatoren, Energiespeicher oder Verbraucher, je nach Einsparungspotenzial und Kosten, entweder in der Nieder- oder der Mittelspannungsebene betrieben werden.

Derzeit kommen auch sogenannte "Insellösungen" zum Einsatz, wobei hier ausgewählte Hochleistungsverbraucher im Zusammenspiel mit einem Spannungswandler und einem Energiespeicher betrieben werden und dadurch kurzfristig auftretende Leistungsspitzen nicht das 14 V-Netz belasten.

### **Lösungsvielfalt bei zukünftigen Bordnetzkomponenten**

Der erhöhte durchschnittliche Energiebedarf im Fahrzeugbordnetz kann durch leistungsfähigere Generatoren beziehungsweise größere Energiespeicher abgedeckt werden. Die hohen transienten Lasten stellen die wirkliche Herausforderung dar. Hierfür existieren mehrere Lösungsmöglichkeiten:

- Redundante Energiespeicher für sicherheitsrelevante Fahrzeugsysteme mit hoher transienter Leistungsaufnahme: Im normalen Fahrzeugbetrieb ist der zusätzliche Energiespeicher vom Bordnetz entkoppelt, er dient daher nur als Backup für die Hauptenergieversorgung.
- Dezentrale Leistungsmodule zur lokalen Stromversorgung (Insellösung): Dem elektrischen Verbraucher wird lokal Leistung zur Verfügung gestellt, wodurch Spannungsspitzen im Bordnetz geglättet werden. Ein Leistungsmodul besteht in der Regel aus einem Doppelschichtkondensator (EDLC), einem bidirektionalen DC/DC-Wandler und einem Steuergerät. Durch die Entkoppelung transienter Hochleistungsverbraucher (z.B. elektrisch angetriebene Servolenkung) kann eine stabile Stromversorgung sichergestellt werden. Aufgrund der relativ hohen Kosten von EDLC könnte auch eine Hochleistungsbatterie eingesetzt werden. Die Insellösungen stellen eine kostengünstige Lösung für kleinere Fahrzeuge (Segment B und C) dar und werden mittelfristig eine wichtige Rolle in der Entwicklung spielen.
- Zweite Spannungsebene: Die Einführung einer zweiten Spannungsebene (z.B. 48 V [1]) ermöglicht es, im Gegensatz zur Insellösung, auch Hochenergieverbraucher, wie Antriebsstrangkomponenten für Mild-Hybridfahrzeuge [2], über lange Zeit betreiben zu können. Bordnetze mit einer zweiten Spannungsebene sind zwar wesentlich komplizierter, gleichzeitig aber auch leistungsfähiger und ermöglichen eine erweiterte Elektrifizierung.

### **Entwurfsansatz basierend auf Co-Simulation und Modellbibliothek**

Die steigende Komplexität moderner mechatronischer Systeme erfordert die Einführung eines Systemsimulationsansatzes im modellbasierten Entwicklungsprozess. Es genügt nicht mehr, eine Komponente aus der Sicht des zuständigen Fachbereichs darzustellen. Stattdessen müssen komplexe Interaktionen, Lastfälle oder Randbedingungen aus unterschiedlichsten Domänen im Entwicklungsprozess berücksichtigt werden.

Das Virtual Vehicle beschäftigt sich seit vielen Jahren mit dem Thema Co-Simulation, der "gekoppelten Simulation". Die entwickelten Methoden und Werkzeuge wurden in der Co-Simulationsplattform ICOS umgesetzt, bei der jedes Teilsystem unabhängig modelliert werden kann. ICOS verbindet dabei die Simulationstools beziehungsweise die Modelle (und damit die virtuelle Darstellung der Komponenten) aus den unterschiedlichen Disziplinen. Dabei werden komplexe Aufgaben wie Datenaustausch, Synchronisation, Extrapolation oder zentral die Fernsteuerung der Simulationstools ausgeführt.

In Abbildung 1 ist ein Entwicklungsframework für die Bordnetzentwicklung basierend auf Co-Simulation und Modellbibliothek dargestellt. Dem Entwickler wird ein "virtueller Prototyp" des Gesamtsystems zur Verfügung gestellt, welcher die für ihn relevanten dynamischen Effekte darstellt. Die Simulationsmodelle für Fahrzeugkomponenten und Randbedingungen sind in einer zentralen Modellbibliothek (Datenbank) abgelegt und werden direkt von der Co-Simulationssoftware aufgerufen. Die Definition der Bordnetztopologie und -architektur sowie die Dimensionierung der relevanten Bauteile (Generator, Batterie, etc.) erfolgt auf einem ganzheitlichen Ansatz, welcher die Simulation aller relevanten Effekte aus den verschiedenen Bereichen berücksichtigt.

### Bordnetzanalyse im Kontext "Fahrregelung"

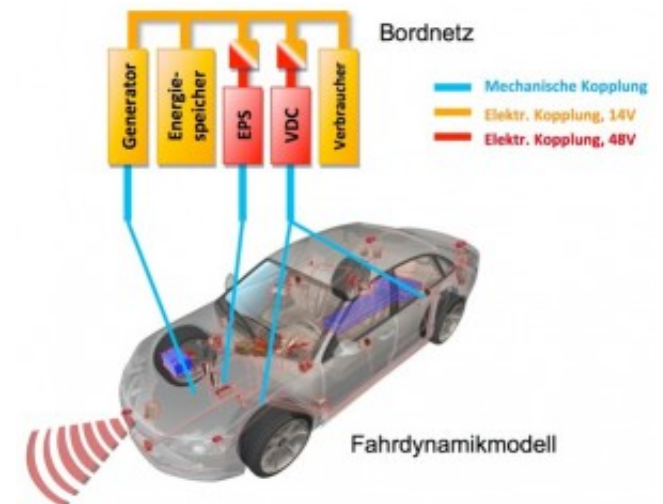
Als ein praktisches Beispiel für die Stabilitätsuntersuchung des Bordnetzes soll hier die Simulation einer Kurvenfahrt für ein Fahrzeug mit elektromechanischer Lenkung (Electric Power Steering, EPS, 1,4 kW Spitzenleistung) und Fahrregelungssystem (Vehicle Dynamics Control, VDC, 1 kW) gezeigt werden. Beide Systeme sind sicherheitsrelevant und erfordern eine bestimmte Mindestspannung bei der Aktivierung, was durch ein leistungsfähiges Bordnetz sichergestellt werden muss.

In Abbildung 2 ist die prinzipielle Struktur des virtuellen Prototypenfahrzeugs mit Bordnetz dargestellt. Der Generator koppelt das Bordnetz mit dem Gesamtfahrzeug und fungiert als die Spannungsquelle, ein Bleiakku dient als Energiespeicher, typische elektrische Verbraucher sind vorgesehen.

Das gesamte Simulationsmodell besteht somit aus:

- der fahrdynamischen Abbildung des Fahrzeugs
- dem elektrischen Bordnetz
- relevanten Subsystemen mit elektrischen Aktuatoren

Die Simulationsergebnisse für den gewählten Testfall (Abbildung 3), zeigen, dass die hohe transiente Leistungsanforderung durch



Systemstruktur: Teilmodelle mit entsprechenden Simulationstools. - Bild: Virtual Vehicle

dezentrale Leistungsmodule erfüllt werden kann. Der Ladezustand des Doppelschichtkondensators sinkt nach entsprechender Systemaktivierung ab. Durch eine geeignete Strategie zum Wiederaufladen des EDLC muss eine ausreichende Verfügbarkeit der Systemfunktion sichergestellt werden. Gleichzeitig muss eine übermäßige Belastung des 14 V-Bordnetzes vermieden werden. Die Ableitung der Strategie ist somit eine Optimierungsaufgabe, die eine ganzheitliche Betrachtung des Gesamtsystems zwingend voraussetzt.

### **Fazit**

Die Einführung weiterer Niederspannungsebenen im Fahrzeug wird zu einer weiteren Elektrifizierung traditionell mechanischer Komponenten führen. Durch die gesamtheitliche Betrachtung des Systems "Fahrzeug" und aller seiner Komponenten mittels Co-Simulation wird die Komplexität in der Entwicklung von zukünftigen Bordnetzen beherrschbar gemacht. Der deutlich erhöhte Gestaltungsspielraum durch die mehreren Spannungsebenen im Fahrzeug unterstützt die Forderung nach einer energieoptimalen Nutzung und somit Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen für Personenkraftwagen, erfordert aber auch eine verstärkte Zusammenarbeit zwischen den im Fahrzeugentwicklungsprozess beteiligten Fachabteilungen.

*Josef Zehetner/DI Wenpu Lu/Daniel Watzenig*

---

Artikel gedruckt aus AUTOMOBIL PRODUKTION: <http://www.automobil-produktion.de>

URL zum Artikel: <http://www.automobil-produktion.de/2013/10/entwurf-moderner-fahrzeughordnetze-mittels-co-simulation-und-modellbibliothek/>

Copyright © 2012 AUTOMOBIL PRODUKTION. All rights reserved.