



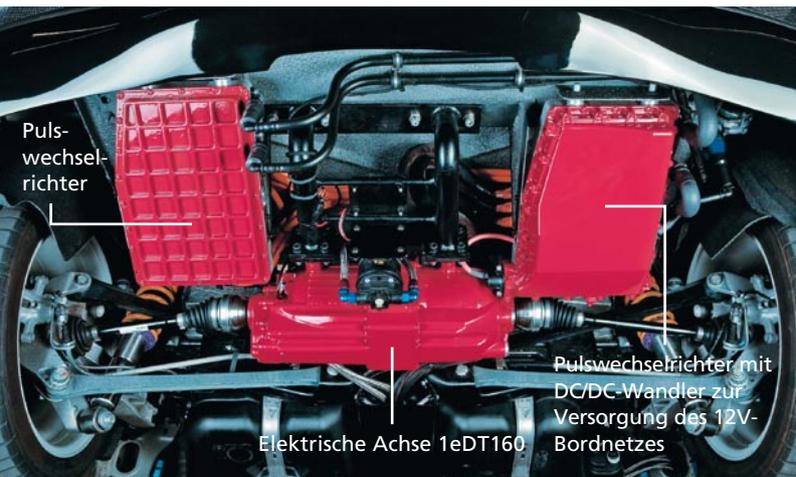
Fünf in Eins

Verschiedene Hybridvarianten
in einem Fahrzeug



Links: Unterbodenansicht des Demo-Fahrzeugs mit den zwei Pulswechselrichtern (PWR) von BOSCH zur Ansteuerung der E-Maschinen, der elektrischen Achse 1eDT160 sowie des hybridisierten 6HDT250 Doppelkupplungsgetriebes. Der rechte PWR versorgt über einen integrierten DC/DC-Wandler das 12V-Bordnetz. Für die Achse liefert BOSCH den Motor und GETRAG das eingängige Getriebe mit elektromagnetischer Abkopplungseinrichtung und mechanischer Ölpumpe.

Rechts: Ansicht des Motorraums mit 6HDT250 PowerShift® Getriebe.



Hybridantriebe und Elektrofahrzeuge sind aktuell wichtige Entwicklungsthemen der Automobilbranche. Doch nur wenige wissen, dass bereits Anfang des 20. Jahrhunderts die ersten elektrisch betriebenen Fahrzeuge auf den Straßen fuhren. Denn bis zur Erfindung des elektrischen Anlassers waren Elektrofahrzeuge – gerade in Nordamerika – genauso verbreitet wie Fahrzeuge mit Ottomotor. Durch die Verknappung und Verteuerung des Rohöls und ein gesteigertes Umweltbewusstsein ist das Interesse an alternativen Antrieben wieder gestiegen.

Im Rahmen einer Hybridkooperation hat GETRAG zusammen mit BOSCH ein Demo-Fahrzeug basierend auf einem Mini Clubman aufgebaut, mit dem sich verschiedene Hybridvarianten (Torque-Split und Axle-Split) darstellen und „erfahren“ lassen. So können verschiedene Ansätze direkt verglichen werden.

Innerhalb dieser Kooperation liefert BOSCH die E-Maschinen, die Pulswechselrichter (PWR) sowie das Motorsteuergerät. GETRAG steuert das modifizierte 6-Gang-PowerShift®-Doppelkupplungsgetriebe (DKG) bei, welches in der nicht hybridisierten Variante als 6DCT250 im Frühjahr 2010 in Serie geht. Es verfügt über eine rein elektromotorische Aktuierung von Kupplung und Schaltung und

bietet damit beste Voraussetzungen für eine Hybridisierung.

Aufbau des Demo-Fahrzeugs

Im Demo-Fahrzeug kann sowohl die an das Getriebe angeflanschte E-Maschine als auch die E-Maschine der Hinterachse abhängig vom Betriebszustand durch eine elektromagnetische Koppelvorrichtung an- und abgekoppelt werden. Dadurch können ungünstige Betriebspunkte der E-Maschine, z.B. eine bei hohen Geschwindigkeiten bzw. Drehzahlen erforderliche Feldschwächung, umgangen und auch Schlepptomente beim Deaktivieren der Hybrid-Zusatzfunktionen reduziert werden. Die Motivation, beide Hybridansätze in einem Fahrzeug darzustellen, besteht

darin, die unterschiedlichen Fahrverhalten im selben Fahrzeug auf Knopfdruck vergleichen zu können.

Mit dem Demo-Fahrzeug lassen sich folgende Antriebsstrangkonfigurationen darstellen:

- Rein konventioneller Antriebsstrang
- Rein konventioneller Antriebsstrang mit Start/Stop-Funktionalität
- Hybridantriebsstrang mit GETRAG PowerShift® Getriebe und elektrischer Hinterachse
- Hybridantriebsstrang mit GETRAG Torque-Split Hybridgetriebe
- Hybridantriebsstrang mit GETRAG Torque-Split Hybridgetriebe und der elektrischen Hinterachse

Applikationspanel: Optimaler Zugang für die Applikation mit sechs CAN-Anschlüssen, Anschluss an das dSPACE-System, Hauptschützensteuerung in elektronischer Form.

Wechselwirkungen und Abhängigkeiten

Die Auslegung eines Hybridantriebs mit einer Vielzahl von Wechselwirkungen und Abhängigkeiten kann mittels modellgestützter Entwicklungsmethoden beherrscht werden. Die Batterie und die E-Maschine stehen beispielsweise in direkter Wechselwirkung und sind für eine optimale Performance aufeinander abzustimmen. Die Größe der E-Maschine wiederum entscheidet über ein mögliches Downsizing des Verbrennungsmotors bei gleichbleibendem Komfort und mindestens gleichwertiger Fahrleistung des Antriebs. Nicht zuletzt bestimmen die einzelnen Komponenten und deren aktueller Zustand über den möglichen Einsatz im Fahrbetrieb. Die übergeordnete Betriebsstrategie von BOSCH entscheidet aus den an sie gemeldeten Randbedingungen der Komponenten, wie diese zum aktuellen Zeitpunkt eingesetzt werden. Die optimale Auslegung der Kompo-



nenten und deren bestmögliche Ausnutzung im Betrieb bestimmen letztlich das erzielbare Verbrauchspotential des Hybridantriebs. Um unterschiedliche Betriebsstrategien untersuchen zu können, sind der Hybridmanager auf einem modifizierten Motorsteuergerät von BOSCH und die Getriebesoftware auf einem dSPACE-System implementiert. Die Hybridisierung des Antriebs-

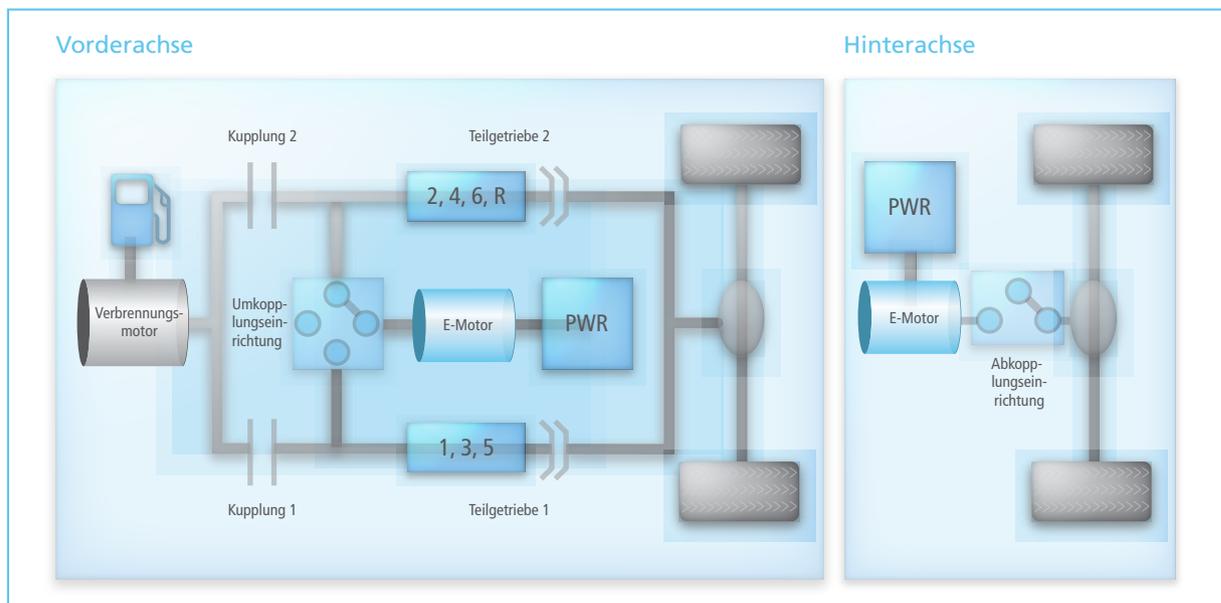
strangs erfordert eine sehr starke Anpassung der Getriebesoftware, z.B. hinsichtlich Änderung der Momenteneingriffe und Schaltabläufe.

Aufbau der Getriebesteuerung

Durch den Einsatz des dSPACE-Systems erhält GETRAG die notwendige Flexibilität und Rechenleistung, um die erweiterten Funktionsumfänge zur Steuerung des Getriebes in Ver-

„Mit dem dSPACE-System erhielten wir die notwendige Flexibilität, um die Steuerung des Hybridsystems frei zu entwickeln.“

Tibor Niedermayer, GETRAG



Das serienmäßig motorisierte Demo-Fahrzeug der GETRAG-BOSCH-Hybridkooperation ist an der Vorderachse mit einem Doppelkupplungsgetriebe des Typs 6HDT250 mit zusätzlichem Elektromotor ausgestattet. Durch diese Modifikation kann das Fahrzeug als Hybrid betrieben werden: der Elektromotor unterstützt dabei den Verbrennungsmotor. Da sowohl der Verbrennungsmotor als auch der Elektromotor über das DKG gekoppelt werden, können beide Antriebsarten im jeweils für eine bestimmte Geschwindigkeit optimalen Gang, also bei optimalem Wirkungsgrad, eingesetzt werden. An der Hinterachse sitzt eine separate elektrische Antriebseinheit, womit das Fahrzeug über die Hinterräder als Hybrid oder auch als reines Elektrofahrzeug angetrieben werden kann.

Links: Dipl.-Ing. Tibor Niedermayer, ist als Entwicklungsingenieur für elektrische Hardware bei GETRAG für die elektrischen Umfänge des Fahrzeugs verantwortlich.

Mitte: Dipl.-Ing. (FH) Ingo Matusche, ist als Entwicklungsingenieur bei GETRAG für die Software des Axle-Split Hybrid verantwortlich.

Rechts: Dipl.-Ing. (BA) Thomas Hoffmeister, ist als Entwicklungsingenieur bei GETRAG für die Software des Torque-Split Hybrid verantwortlich.



bindung mit den hinzugefügten E-Maschinen zu realisieren. So wurde das serienmäßige Getriebesteuergerät durch eine eigens erstellte, erweiterte Version ersetzt, um auch die Zusatzumfänge bedienen und alle Messgrößen gleichzeitig und ohne zusätzliche Hardware in dSPACE CalDesk einbinden zu können. Das Hardware-System ist aufgeteilt in eine hochintegrierte, an das Getriebe angebrachte Leistungsendstufe, vier bürstenlose Gleichstrommotoren zur Doppelkupplungs- und Getriebeaktuierung, eine magnetische Abkopplungseinrichtung und zehn Endstufen zur Ansteuerung von Pumpen, Lüftern und zusätzlichen Verbrauchern im Fahrzeug. Im Kofferraum übernimmt eine Signaladapionsplatine mit Field Programmable Gate Array (FPGA)-Logik die Signalaufbereitung der erfassten Signale zur Weiterverarbeitung im dSPACE-System und realisiert ein NOT-AUS-Konzept.

Erfasst werden neben den Strömen jedes elektrischen Aktuators auch die Ströme der Pumpen und Ventilatoren. Die Temperaturerfassung geht noch einen Schritt weiter und erfasst neben den Kühlmittel- und Öltemperaturen der Hybridumfänge die Temperaturen jeder einzelnen Leistungsendstufe der Getriebesteuerung. Insgesamt werden 16 Ströme, 16 Temperaturen und 14 Positionsgeber erfasst. So kann zu jedem beliebigen Zeitpunkt ein hochauflösendes und zeitstimmiges Abbild einer Fahrsituation aufgenommen werden. Durch die hochauflösende Erfassung von insgesamt neun Drehzahlsensoren, darunter auch die Raddrehzahlen,

kann auf die aktuelle Momentenverteilung geschlossen werden. Vier CAN-Schnittstellen stellen die Kommunikation mit den Antriebsstrang-Komponenten, dem Hybrid-Master und der Hochvoltbatterie her. Insgesamt 150 Leitungen verbinden die Leistungs- und die Signalplatine, 170 Leitungen münden in das dSPACE-System.

Erlebbarkeit im Fahrzeug

Um den Gedanken „Alles in einem System“ fortzuführen, wurde ein Bedienpanel entwickelt, welches dem Fahrer über sechs beleuchtete Taster die Bedienung und das Anzeigen des aktuellen Fahrzustands ermöglicht. Die Auswertung dieses Bedienpanels erfolgt mit dem dSPACE-System.

Ein wichtiges Entwicklungsziel war es, alle Zusatzumfänge so zu integrieren, dass der Innenraum bis auf die zusätzlichen Bedienelemente und die Zusatztechnik im Kofferraum unverändert bleibt. Dies unterstreicht die Alltagstauglichkeit des Fahrzeugs und das Know-how der GETRAG-BOSCH-Hybridkooperation.

Großes Einsparpotential

Simulationen weisen bereits Verbrauchseinsparungen im NEFZ (Neuer Europäischer Fahrzyklus) von ca. 6% (Micro Hybrid), 18% (Axle-Split Hybrid) und 24% (Torque-Split Hybrid) aus – jeweils bezogen auf den Verbrauch mit dem nicht hybridisierten 6DCT250 PowerShift® Getriebe. Diesen Rechnungen liegt eine komfort- und fahrdynamikbetonte Betriebsstrategie zugrunde. Mit einer verbrauchsorientierten Strategie sind

die Einsparungen bei Torque-Split und Axle-Split nochmals größer. Da die elektrische Leistung der Hybridisierung zusätzlich zum konventionellen Antriebsstrang zur Verfügung steht, verbessert sich die Fahrleistung. Die Beschleunigungszeiten von Null auf 100 km/h verkürzen sich von 7,8 s beim konventionellen Automatikgetriebe auf 7,5 s mit dem GETRAG PowerShift® Getriebe, auf 7,1 s mit dem hybridisierten PowerShift® Getriebe und auf 6,7 s bei der Kombination PowerShift® Getriebe mit elektrischer Achse. ■

*Tibor Niedermayer, Ingo Matusche, Thomas Hoffmeister
Systems Engineering
Electrotechnics
GETRAG Getriebe- und Zahnradfabrik
Hermann Hagenmeyer GmbH & Cie KG
Deutschland*

Fazit

- Aufbau eines Demo-Fahrzeugs mit integrierten Hybridvarianten Torque-Split und Axle-Split Hybrid
- Austausch des Getriebesteuergeräts durch ein dSPACE-System
- Test und Vergleich verschiedener Hybridvarianten
- Hohe Kraftstoffeinsparungen von bis zu 24% und Verbesserungen der Beschleunigungsdauer um bis zu 1s auf 100km/h
- Aktuell: Inbetriebnahme der kundenwertigen Fahrfunktionen des Hybridantriebsstrangs