

Antriebskonzept mit Erdgas-Hybrid-Technologie

Dr.-Ing. J. Quarg, Adam Opel GmbH
Dr. phil. nat. D. Kraft, Robert Bosch GmbH
Prof. Dr.-Ing. M. Bargende, IVK, Universität Stuttgart
Prof. Dr.-Ing. H.-C. Reuss, IVK, Universität Stuttgart
Dipl.-Ing. M. Böhm, IVK, Universität Stuttgart
Dr.-Ing. G. Baumann, FKFS
Dipl.-Ing. H.-J. Berner, FKFS

Kurzfassung

Die deutliche Reduzierung der CO₂-Emissionen ist heute eines der wichtigsten Ziele bei der Entwicklung von Automobilen. In diesem Beitrag wird ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördertes Verbundprojekt vorgestellt, bei dem ein CO₂-Ausstoß von ≤ 90 g/km im NEFZ angestrebt wird. Dies soll mit Hilfe eines Hybridantriebs unter Verwendung eines kleinvolumigen, aufgeladenen Erdgasmotors erreicht werden.

1 Einleitung

Die immer deutlicher ins Bewusstsein der Öffentlichkeit tretende Endlichkeit unserer fossilen Energievorräte sowie die Notwendigkeit einer Umweltentlastung geben Anlass vermehrt über neuartige Antriebskonzepte nachzudenken. Auf Anregung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie werden dazu in verschiedenen Kooperationsvorhaben die Potenziale unterschiedlicher Ansätze ausgelotet. Folgende Partner haben sich zusammen getan, um die Erdgas-Hybrid-Technik zu untersuchen: Robert Bosch GmbH, Adam Opel GmbH, Institut für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen der Universität Stuttgart und das Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart. Das gemeinsame Projekt wird in diesem Beitrag erläutert.

Das Vorhaben leistet Beiträge zu zahlreichen Zielen aus dem Positionspapier „Alternative Antriebe/Hybridkonzepte“ das im Rahmen des Forschungsprogramms „Mobilität und Verkehr“ entstanden ist [1,2]. Es wird eine deutliche Reduzierung des Verbrauchs und der Emissionen angestrebt. Dazu wird die Verbrennungsmotortechnik des Erdgasmotors verbessert (phlegmatisierter Abgasturbolader) und das Fahrzeug hybridisiert. Dem geforderten gesamtheitlichen Lösungsansatz wird mit einer komponentenübergreifenden Betriebsstrategie Rechnung getragen, die zum Ziel hat, das Fahrzeug stets im energetischen Optimum bei gleichzeitig gegebener Fahrbarkeit zu bewegen. Dazu werden auch vorausschauende Ansätze integriert. Zur praxisnahen Demonstration und zur Überprüfung des realen Kraftstoff- und Emissionseinsparpotenzials wird ein Versuchsfahrzeug aufgebaut. Mit dem Opel Astra als Basis wird bewusst ein alltagstaugliches Fahrzeug verwendet, das über ein großes Marktpotenzial sowohl bei Privat- als auch bei Firmenkunden verfügt. Bei den ande-

ren Komponenten des Hybridsystems wird ebenfalls auf Serien- bzw. seriennahe Komponenten zurückgegriffen. Damit sind aus technischer und wirtschaftlicher Sicht gute Voraussetzungen für eine spätere Serienproduktion gegeben. Der Mehrwert des Systems liegt daher nicht in der aufwändigen und kostspieligen Neuentwicklung ganzer Komponenten, sondern vor allem in der Software, dem für den Hybridbetrieb optimierten Verbrennungsmotor und dem adaptierten elektrischen Antrieb.

2 Projektbeschreibung

Ziel des Projektes ist die Entwicklung und prototypische Darstellung eines innovativen Hybridkonzepts, das gegenüber bekannten Konzepten für Hybridfahrzeuge folgende Hauptdifferenzierungsmerkmale aufweist:

- Verwendung eines kleinvolumigen, aufgeladenen und lastpunktverschobenen (Downsizing) Erdgasmotors mit innovativer Adaption an den Hybridbetrieb,
- Minimierung von gesetzlich limitierten Abgaskomponenten (Euro 5),
- Minimale CO₂-Emissionen (≤90 g/km im NEFZ),
- Integration einer adaptiven Betriebsstrategie.

Als Basisfahrzeug für die prototypische Realisierung soll ein Fahrzeug der Fa. Opel vom Typ Astra verwendet werden, das mit einem im Hubraum optimierten, hybrid-adaptierten 1-Liter 3-Zylinder-Erdgasmotor, einem automatisierten Schaltgetriebe, einem Elektromotor und elektrischen Speichern ausgerüstet wird. In Bild 1 ist der Aufbau des Antriebstranges schematisch dargestellt. Dabei wird auf im Prinzip vorhandene Komponenten zurückgegriffen, um die Kosten gering zu halten. Neuartig sind allerdings diese Kombination und die Betriebsstrategien.

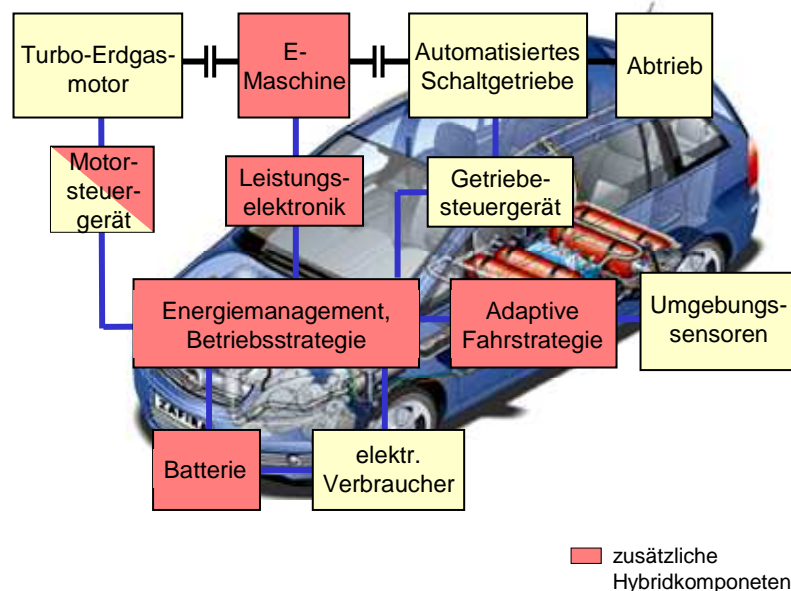


Bild 1: Aufbau des Antriebstranges

Erdgas als Kraftstoff hat den Vorteil, dass durch das günstige Kohlenstoff-Wasserstoff-Verhältnis des Methans (CH₄) bei einem angenommenen identischen Motorwirkungsgrad bereits eine Reduzierung der CO₂-Emissionen um ca. 20 % erreichbar ist. Aufgrund der hohen Klopfestigkeit von Erdgas eignen sich Erdgasmotoren besonders für die Leistungssteigerung durch Aufladung und eröffnen die Möglichkeit, den Wirkungsgrad durch Lastpunktverschiebung (Downsizing) zu erhöhen. Das Drehmo-

ment des Verbrennungsmotors im unteren Drehzahlbereich wird durch das hohe Moment der elektrischen Maschine ergänzt, so dass sich der Betriebspunkt des Erdgasmotors – in Verbindung mit einer darauf abgestimmten Schaltstrategie – weiter in wirkungsgradgünstige Bereiche verschieben lässt. Simulationsrechnungen, die im Rahmen eines IVK/FKFS-Forschungsprojekts durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass ein Serien-Kompaktvan mit einem solchen Antriebskonzept im **Modifizierten Neuen Europäischen Fahrzyklus (MNEFZ)** einen CO₂-Ausstoß von ca. 92 g/km erreichen könnte [3]. Allerdings wurde für die Simulation noch von einem Hybridsystem mit wesentlich geringerer elektrischer Leistung und kleinerer Batteriekapazität ausgegangen. Es ist daher anzunehmen, dass der CO₂-Ausstoß in diesem Projekt nochmals reduziert werden kann.

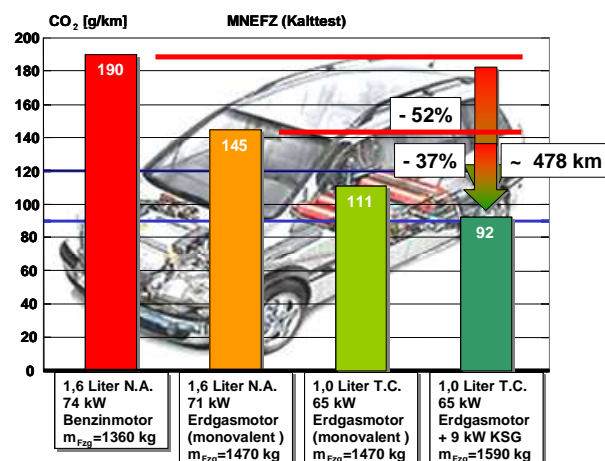


Bild 2: Niedrige CO₂-Emissionen durch Erdgas

3 Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele

Zur Erreichung der Ziele ist folgender Funktionsumfang vorgesehen:

- Start/Stop-Betrieb des Verbrennungsmotors,
- Rückgewinnung kinetischer Energie in Brems- und Schubphasen (Rekuperation),
- Unterstützung des Verbrennungsmotors insbesondere bei niedrigen Drehzahlen und in instationären Phasen des Fahrbetriebs (Boost),
- Verbrauchsorientierte Schaltstrategie mit Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit des elektrischen Antriebssystems,
- Elektrisches Energiemanagement,
- Möglichkeit des elektrischen Fahrens.

Diese Funktionen sind bei auf dem Markt erhältlichen Hybridfahrzeugen bereits teilweise implementiert. Im Rahmen theoretischer und praktischer Betrachtungen soll ermittelt werden, welches weitere Potenzial durch eine adaptive Fahrstrategie erschlossen werden kann. Durch Kenntnis der Eigenschaften der vorausliegenden Fahrstrecke (z.B. Steigungen, Kurven, Geschwindigkeitsbeschränkungen) und der damit möglichen Prädiktion des Leistungsbedarfs lässt sich Kraftstoff einsparen, indem der Verbrennungsmotor stets mit möglichst hohem Wirkungsgrad betrieben und die vorhandene Bewegungsenergie besser ausgenutzt wird, als dies heute möglich ist. Dies gilt insbesondere für Hybridantriebe, da hier zusätzlich Energie zurückgewonnen, gespeichert und situationsgerecht wiederverwendet werden kann. Die

dazu nötigen Streckendaten sollen im Gegensatz zu anderen Ansätzen für adaptive Fahrerassistenzsysteme nicht einer digitalen Karte entnommen werden. Vielmehr sollen die Daten durch Auswertung der schon im Fahrzeug vorhandenen Sensoren, wie z.B. Lenkwinkel-, Gierraten- und Beschleunigungssensoren, ermittelt werden. Die so gewonnenen Streckendaten werden zusammen mit der über das Navigationssystem bestimmten geografischen Position in einer Datenbank abgespeichert. Beim erneuten Befahren derselben Strecke stehen dann die Daten für die adaptive Fahrstrategie zur Verfügung. Die Vorteile dieses Ansatzes liegen darin, dass keine Kosten für zusätzliche Hardware entstehen und die Streckendaten bei jedem Befahren der Strecke aktualisiert werden. Damit werden zwei Hauptprobleme anderer adaptiver Fahrerassistenzsysteme vermieden.

Folgende Vorgehensweise ist geplant

- 1.) Entwurf und Simulation der Betriebsstrategie
- 2.) Echtzeit-Umsetzung
- 3.) Fahrzeug-Implementierung der Betriebsstrategie
- 4.) Fahrversuche, Testen und Optimieren der Betriebsstrategie

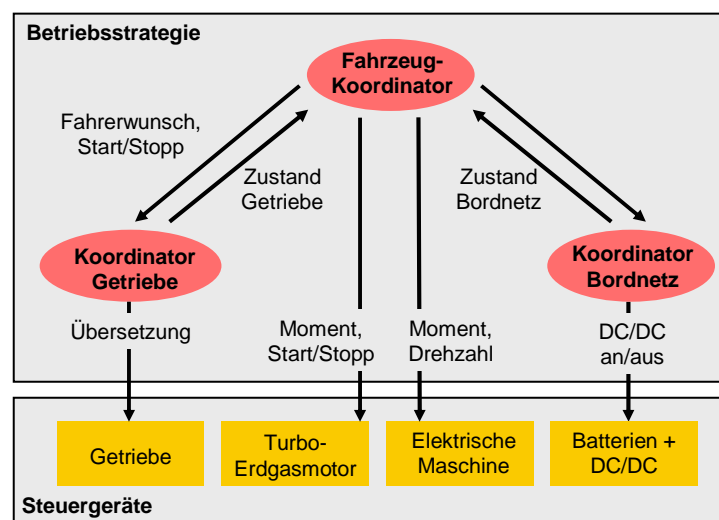


Bild 3: Übersicht zur Betriebsstrategie [3]

In ähnlicher Weise soll dann die Erweiterung auf die adaptive Fahrstrategie erfolgen:

- 1.) Entwurf und Simulation der adaptiven Fahrstrategie
- 2.) Echtzeit-Umsetzung
- 3.) Fahrzeug-Implementierung
- 4.) Inbetriebnahme und Abstimmung
- 5.) Fahrversuche, Auswertung und Vergleich mit den Simulationsergebnissen

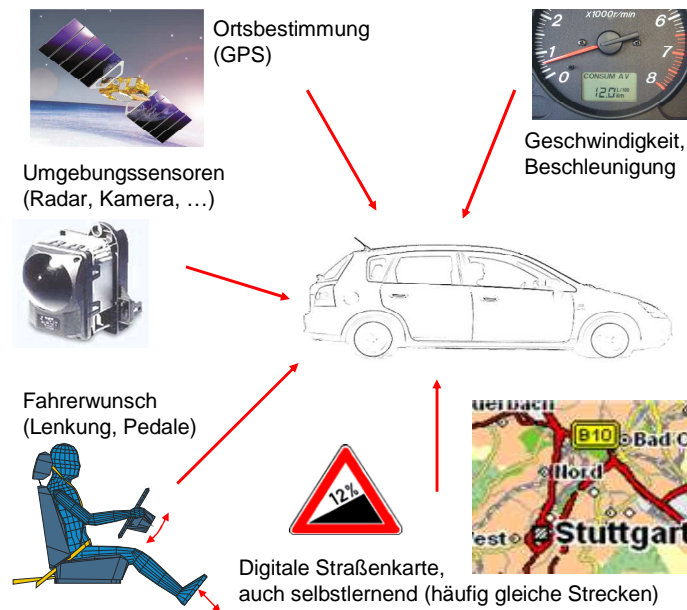


Bild 4: Vorausschauende Fahrstrategie

4 Ausblick

Das Projekt wurde im Spätherbst 2006 begonnen und ist auf eine Laufzeit von drei Jahren angelegt.

Bei aller Begeisterung in den Medien, bei Unternehmensberatern und weiteren Gruppierungen muss aktuell für Europa ganz nüchtern festgestellt werden, dass die Marktdurchdringung von Hybridfahrzeugen äußerst gering ist. Für Erdgasfahrzeuge ist ähnliches zu beobachten, auch wenn hier sicher die Pionierphase für diese Technik abgeschlossen ist. So lässt sich konstatieren, dass die Kombination von Hybridtechnik mit einem Erdgasmotor aus technischer und ökologischer Hinsicht mit ihrer signifikanten Absenkung der CO₂-Emission höchst sinnvoll erscheint. Dem steht allerdings bezüglich der Kundenakzeptanz eine große Unsicherheit gegenüber.

Die Partner hoffen mit dieser Forschungsarbeit nicht nur einen wissenschaftlichen Beitrag zu leisten, sondern auch ganz generell den Bekanntheitsgrad und die Akzeptanz dieser neuartigen Techniken zu verbessern. Über die Projektergebnisse wird zu gegebener Zeit berichtet werden.

5 Literaturverzeichnis

- [1] N.N.: *Mobilität und Verkehr, Nachhaltigkeit, Sicherheit und Wettbewerbsfähigkeit durch intelligenten Verkehr*, Forschungsprogramm der Bundesregierung, Hrsg.: Bundesministerium für Bildung und Forschung, März 2000
- [2] N.N.: *Alternative Antriebe / Hybridkonzepte*, Positionspapier, Hrsg.: Bundesministerium für Bildung und Forschung, November 2004
- [3] Fried, O.: *Betriebsstrategie für einen Minimalhybrid-Antriebsstrang*, Universität Stuttgart, Dissertation, 2003
- [4] Grein, F.; Wiedemann, J.: *Perspektiven der Vorausschau in der Fahrerassistenz*. In Bargende, M.; Wiedemann, J. (Hrsg.): 5. Internationales Stuttgarter Symposium Kraftfahrwesen und Verbrennungsmotoren. Renningen-Malmsheim: expert-Verlag, 2003
- [5] Hötzer, D.: *Entwicklung einer Schaltstrategie für einen PKW mit automatisiertem Schaltgetriebe*, Universität Stuttgart, Dissertation, 1999
- [6] Kraft, D.; Mann, K.; Sterzing, S.; Richter, B.; Huber, T.; Schuler, R.; Tellermann, U.: *Modellgestützte Entwicklung von Komponenten für elektrische Hybridfahrzeuge*. VDI-Berichte 1931, 2006
- [7] Schuler, R.; Bargende, M.; Krieger, K.-L.: *Simulation von Fahrzeugantrieben in der modellbasierten Funktionsentwicklung*. 4. Symposium Steuerungssysteme für den Antriebsstrang von Kraftfahrzeugen, Berlin 2003
- [8] Quarg, J.: *Erdgas als Kraftstoff – Übergangsszenario oder nachhaltige Alternative?* Johannes Liebl (Hrsg.), Tagungsband 8. Symposium „Entwicklungstendenzen bei Ottomotoren“ 2006, Technische Akademie Esslingen, Esslingen 2006
- [9] Quarg, J.; Warnecke, W.: *Das verbrauchsminimierte Automobil – Potential und Probleme*. ATZ 98, 1996
- [10] Quarg, J.; Holzhofer, M.: *Das Hochleistungsaggregat im Opel ECO-Speedster*. 12. Aachener Kolloquium 2003 Hrsg.: VKA und IKA an der RWTH Aachen, Aachen 2003