



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Positionspapier

Alternative Antriebe und Hybridkonzepte

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium
für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Publikationen; Internetredaktion
11055 Berlin

Bestellungen

Schriftlich an den Herausgeber
Postfach 30 02 35
53182 Bonn

oder per
Tel.: 01805 - 262 302
Fax: 01805 - 262 303
(0,12 Euro/Min.)

E-Mail: books@bmbf.bund.de
Internet: <http://www.bmbf.de>

Bonn, Berlin 2004

Gedruckt auf Recyclingpapier

Positionspapier¹

Alternative Antriebe / Hybridkonzepte

1 Einleitung

Die Entwicklung zukünftiger Fahrzeugantriebe muss auf die Einhaltung der immer strenger werdenden Abgasgesetzgebung achten und eine nachhaltige Entlastung von den Folgen des Verkehrs – insbesondere eine deutliche Reduzierung der CO₂-Emissionen – anstreben. Ein geringerer CO₂-Ausstoß kann kurz- und mittelfristig nur durch eine weitere Senkung des Kraftstoffverbrauchs erreicht werden. Hierzu ist eine konsequente Weiterentwicklung und Effizienzsteigerung der Antriebstechnik erforderlich.

Langfristig wird vom Brennstoffzellen-Antrieb das Potenzial zu einer nachhaltigen Reduzierung der CO₂-Emission erwartet. Im Idealfall kann bei Nutzung von regenerativ erzeugtem Wasserstoff als Energieträger ein CO₂-neutraler Verkehr realisiert werden. Offen ist die Frage, woher der so erzeugte Wasserstoff in hinreichend großen Mengen unter wirtschaftlichen Bedingungen kommen kann.

Aus heutiger Sicht dürfte der Brennstoffzellenantrieb frühestens nach 2020 das Potenzial für eine nennenswerte Marktdurchdringung erreichen. Es müssen bis dahin die noch bestehenden Defizite hinsichtlich Wirtschaftlichkeit/Kosten, Leistungsdichte und auch Zuverlässigkeit beseitigt und die erforderliche Wasserstoff-Infrastruktur aufgebaut werden. Bisher gibt es noch keine zuverlässigen oder gesicherten Aussagen darüber, ob der Übergang auf eine Wasserstoffwirtschaft aus gesamtenergetischer- bzw. energiewirtschaftlicher Sicht sinnvoll zu leisten ist.

Neben der kontinuierlichen Verbesserung der Verbrennungsmotor-Technik kann künftig der Einsatz von Fahrzeugen mit Hybridantrieb einen großen Schritt in Richtung Verbrauchsreduzierung und CO₂-Minderung bringen. Genauere Einschätzungen und eingehende Untersuchungen zur Verifizierung der tatsächlichen Vorteile von Hybridkonzepten in unterschiedlichen Anwendungsszenarien haben gezeigt, dass die alleinige weitere Verbesserung

¹ Unter Berücksichtigung eines vom ika - Institut für Kraftfahrwesen der RWTH Aachen für das BMBF erstellten Themenpapiers „Optimierung von hybriden Antriebssystemen“ und weiterer schriftlicher Vorschläge verschiedener Forschungsstellen in Deutschland sowie den Ergebnissen eines Experten-Workshops am 08.10.2004 in Bonn.

des Verbrennungsmotors nicht ausreicht, sondern dass erst die Einbeziehung von Hybridkonzepten zu nachhaltigen Einspareffekten führt.

Hinzu kommt, dass auch im Sinne einer Übergangstrategie zu einem längerfristigen Brennstoffzellen-Szenario diese Antriebstechnologie so gestaltet werden kann, dass sie auch für solche, zukünftigen Anwendungen die Grundlage bildet. Mit alternativen Antriebstechnologien / Hybridkonzepten können durch den deutlich reduzierten Kraftstoffverbrauch die fossilen Energievorräte gestreckt und eine nachhaltige CO₂-Reduktion erreicht werden. Diesen Weg verfolgt die Bundesregierung im Rahmen ihrer Nachhaltigkeitsstrategie im Schwerpunkt „Alternative Kraftstoffe und Antriebe“, der unter Beteiligung des BMBF im „Fort-schrittsbericht 2004 – Perspektiven für Deutschland“ dokumentiert ist.

In der Kombination von Verbrennungsmotor und Elektromaschine zu einem Hybridantrieb können die Vorteile beider Antriebsarten, wie z. B. hohe Reichweite, schnelles Nachtanken, Rückgewinnung der Bremsenergie (Rekuperation) und zumindest streckenweise emissionsfreier Betrieb ausgeschöpft werden. Um jedoch Marktchancen zu haben, müssen Hybridfahrzeuge hinsichtlich Fahrleistungen, Fahreigenschaften, Fahrkomfort den gleichen Bedingungen bezüglich Alltagstauglichkeit und Lebensdauer genügen wie konventionelle Fahrzeuge.

Aktuelle japanische Hybrid-Fahrzeugkonzepte wurden mit dem Toyota Prius II und dem Honda Civic IMA vorgestellt, die am Markt erhältlich sind. Sie bieten in der 2. Generation vergleichbare Fahrleistungen und Komfort bei günstigen Verbrauchswerten und Emissionen, haben allerdings höhere Anschaffungspreise im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen. Die deutsche Automobilindustrie hat ihre frühere Zurückhaltung gegenüber Hybridantrieben aufgegeben und beschäftigt sich inzwischen verstärkt mit solchen Konzepten. Zwar sind die japanischen Entwicklungen am weitesten gediehen; in der Fachwelt ist jedoch klar, dass das spezifische Potenzial der Hybridantriebe technisch noch längst nicht ausgeschöpft ist. Durch gezielte FuE-Anstrengungen können daher noch erhebliche Kraftstoffeinsparungen und damit CO₂-Reduktionen erreicht werden.

Das Potenzial dieser Fahrzeug- und Antriebsstrukturen kann jedoch nur dann ausgenutzt werden, wenn die einzelnen Antriebsstrangkomponenten und ihre Kombination eine maximale Effizienz aufweisen und in ihrer Gesamtheit zu einem Systemoptimum gebracht werden. Hier besteht Handlungsbedarf im Bereich der Forschung und Entwicklung.

2 Zielsetzung

Chancen für Hybridfahrzeuge werden nur dann gesehen, wenn die weitere Entwicklung auf die Anwendung in alltagstaugliche Fahrzeuge ausgerichtet ist. Es müssen deutliche Verbrauchsminderungen bis zu 30% gegenüber Fahrzeugen mit konventionellen Antrieben erreicht werden. Hierzu sollen Technologien vorangetrieben werden, die das Potenzial haben, den durchschnittlichen CO₂-Ausstoß der Neufahrzeuge bis zum Jahr 2010 auf 120 g CO₂/km zu senken. Dies ist eine über die bisherige Selbstverpflichtung der Automobilindust-

rie hinausgehende, aus heutiger Sicht ehrgeizige Zielmarke, die der politischen Zielsetzung der EU entspricht.

Ziel ist nicht die Entwicklung eines spezifischen Hybrid-Fahrzeugs (dies ist Aufgabe der Automobilindustrie), sondern die Weiterentwicklung der Kernkomponenten des Hybrid-Antriebsstrangs sowie die anwendungsorientierte Entwicklung und Integration von Funktionsmodulen. Außerdem müssen die Komponenten der Hybridtechnik und vor allem deren systemtechnisches Zusammenwirken im Gesamtsystem in Abhängigkeit von der Fahrzeuggröße und der unterschiedlichen Einsatzfelder optimiert werden. Verbesserungen an Verbrennungsmotoren können allenfalls bei hybridspezifischer Ausprägung (z.B. Downsizing) berücksichtigt werden. Als Motoren sollen verbrauchs- und emissionsarme Diesel oder Ottomotoren nach dem letzten Stand der Technik als Technologiebasis genutzt werden. Gesamtheitliche Lösungsansätze sollen im Vordergrund stehen. Um deutliche Verbesserungen des komplexen Systems Hybridfahrzeug zu ermöglichen, kann dies bis hin zu einer umfassenden Überarbeitung der Antriebsstruktur gehen. Nur so kann das maximal mögliche Energieeinsparpotenzial und der insgesamt größte Kundennutzen erreicht werden.

Es sollen Lösungen in Form von Funktionsmustern erarbeitet werden. Die Entwicklungsergebnisse sollen – auch in Versuchsfahrzeugen als weitgehend vorhandene Technologieplattform – praxisnah demonstriert werden können, um das zusätzlich erreichte Einsparpotenzial im Kraftstoffverbrauch auch in der Realität darzustellen. Die spätere Umsetzung in ein Serienfahrzeug sollte ohne größere Schwierigkeiten möglich sein.

Als Folge der angestrebten Projekte wird die Hybridisierung einer großen Zahl von Fahrzeugmodellen angestrebt. Leichtbauweisen des Fahrzeugaufbaus sollen bei den angestrebten extrem verbrauchsarmen Hybridfahrzeug-Konzepten konsequent zur Anwendung kommen, stehen aber im Rahmen dieses Schwerpunkts nicht im Fokus.

3 Forschungsbedarf, Arbeitsthemen für Verbundprojekte

Im Folgenden wird der wesentliche Forschungsbedarf für die in Betracht kommenden Komponenten des hybriden Antriebsstrangs kurz umrissen:

Elektrische Maschinen werden im Hybridfahrzeug sowohl als Motor als auch als Generator genutzt. Dabei sind immer noch Fragen zu verschiedenen Maschinenkonzepten sowie zu den jeweiligen Betriebsbedingungen, vorteilhaften Betriebszuständen und Wirkungsgraden zu klären. Hinzu treten andere Fragen, z. B. der Überlastbarkeit und Sicherheit. Weitere Ansatzpunkte sind die Integration der Kühlkreisläufe von Verbrennungsmotor, E-Motor und Leistungselektronik in einen einheitlichen Kreislauf. Es sind somit weiter gehende Konzepte gefragt, die unmittelbar in die Gestaltung optimaler Hybridstrukturen mit möglichst hohem Integrationsgrad eingehen.

Das **Getriebe** ist eine wichtige Komponente bei der Kombination der Antriebe und der Realisierung von verschiedenen Antriebsvarianten. An diesem Aggregat wird die Bauteil- und Strategieoptimierung besonders deutlich, z. B. wenn es um die stufenlose Variation der Be-

triebspunkte im Kennfeld der Verbrennungsmotoren oder um die variable Aufteilung der Leistung des Verbrennungsmotors und des übrigen Antriebsstrangs geht. Energetische Verbesserungen der Verstellrichtungen haben einen Einfluss auf den Getriebegesamtwirkungsgrad und wirken sich bei der Rekuperation zweifach auf den Wirkungsgrad des Antriebs aus. Es gilt, die Nachteile gegenwärtiger Hybridfahrzeuge beim Gesamtwirkungsgrad mit besseren Konzepten für die Antriebsstruktur zu eliminieren und dadurch alle Möglichkeiten der Kraftstoffeinsparung systematisch zu nutzen.

Die elektrischen **Energiespeicher** weisen bisher in Hinblick auf Leistungsvermögen, Lebensdauer und Kosten im Vergleich zu anderen Komponenten das größte Defizit in der Entwicklung von Hybridfahrzeugen auf. Deshalb müssen noch verstärkte FuE-Anstrengungen in der Entwicklung von Batterien und Speicherkondensatoren unternommen werden. Besondere Vorteile können sich durch die Kombinationen solcher Speicher ergeben, z. B. von Langzeit- und Kurzzeitspeichern. In beiden Bereichen und in ihrer optimalen, kostengünstigen Kombination bestehen noch Potenziale, die Leistungs- und die Energiedichte sowie den Wirkungsgrad, die Lebensdauer und die Sicherheit zu verbessern. Wichtige Ansatzpunkte sind hier der Lade- und Entladewirkungsgrad der Speicher.

Steuergeräte und Wandler sind die Schnittstelle zwischen den verschiedenen Komponenten. Diese elektronischen Bauteile steuern die elektrischen Komponenten (Speicher, Antriebsmotoren etc.) an und machen die Energieflüsse zwischen Speichern und Motoren erst möglich. Durch die Anpassung von Strom und Spannung während der Antriebs- oder Rekuperationsphase treten Verluste innerhalb der Wandler und hier speziell der Leistungshalbleiter auf. Bei der Leistungselektronik müssen noch Verbesserungen insbesondere hinsichtlich Aufbau, Verlustminimierung und Temperaturfestigkeit erreicht werden wobei immer die Frage der Vermeidbarkeit eines separaten Kühlkreislaufs im Vordergrund stehen muss.

Hybridantriebe sind nicht einfach die Addition zweier Antriebe in einem Fahrzeug. Ein ganzheitlich operierendes, möglichst vorausschauendes **Energie- und Antriebsmanagement** muss für ein in allen Fahrsituationen optimales Zusammenwirken aller Komponenten sorgen. Dies ist als übergeordnete Einheit von zentraler Bedeutung. Es müssen z. B. fortgeschrittene Regelstrategien gefunden werden, um den Antrieb auch in größeren Kennfeldbereichen mit bestmöglichen Wirkungsgraden zu betreiben. Außerdem ist auch das elektrische und thermische Management dahingehend weiter zu entwickeln, dass der Antrieb und alle seine Komponenten auch eine maximale (Auto-) Lebensdauer erreichen.

Im Rahmen einer generellen **Überarbeitung des Gesamtantriebsystems** müssen Konzepte und Lösungen erarbeitet werden, die über eine weitgehende Standardisierung, Modularisierung (Baukastenprinzip) mit möglichst wenig Hauptbaugruppen ein breites Spektrum kostengünstig und effizient abdecken. Diese Lösungen müssen auch für zukünftige Anwendungsfälle, z. B. Brennstoffzellenantrieb, die Basis bilden. Dabei sollen auch die Potenziale untersucht und erschlossen werden, die sich durch innovative Anpassung des Verbrennungsmotors an den Hybridbetrieb sowie das Abgasbehandlungssystem in Kombination mit Hybridtechnologie bieten. Drehmomentkompensation über den Elektromotor, Brennverfahrensoptimierung im Kennfeldbereich, Diesel-Kaltstart-Strategien, elektrisch beheizte Kataly-

satoren oder Verminderung der Diesel-NO_x-Emissionen durch Generator / Elektromotor-Unterstützung sind hier einige der Stichworte.

In das Hybridantriebstechnologie-Nutzungsspektrum sind auch Nutzfahrzeuge einzubeziehen. Hier bieten sich insbesondere sinnvolle Einsatzmöglichkeiten beim Verteiler-LKW und Stadtbus.

4 Weitere Schritte

Das BMBF hat im bisherigen Schwerpunkt „Minimalemission“ bereits einige Projekte für Alternative Antriebe auf den Weg gebracht, die weiterführende Ergebnisse hervorgebracht haben. Aufbauend auf diesen Arbeiten sollen im Rahmen des Forschungsprogramms „Mobilität und Verkehr“ durch eine schwerpunktmäßige Förderunterstützung die oben umrissenen Entwicklungen für Alternative Antriebe / Hybridkonzepte auf eine breitere Basis gestellt und beschleunigt werden. Es ist geplant, mit entsprechenden Verbundprojekten im 1. Halbjahr 2005 zu beginnen und damit den eingeschlagenen Weg noch intensiver fortzusetzen.

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerberinnen/Wahlbewerbern oder Wahlhelferinnen/Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift der Empfängerin/dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

