



Kurzbericht zu Verbundforschungsauftrag

## **Studie zur Ausarbeitung von Forschungs- und Entwicklungsbedarf für vielstoff-fähige Kraftfahrzeugantriebe**

durchgeführt im Auftrag des Auftraggebers:  
Wirtschaftsministerium des Landes Baden-Württemberg mit  
Mitteln der Landesstiftung Baden-Württemberg

### **Ziel des Vorhabens**

Weltweit ist eine wachsende Nachfrage nach individueller Mobilität zu beobachten, insbesondere in den bevölkerungsreichen Schwellenländern. Gleichzeitig wird die endliche Aufnahmefähigkeit der Umwelt für verkehrsbedingte Schadstoffe und das Treibhausgas CO<sub>2</sub> immer deutlicher. Außerdem zeichnet sich eine Knappheit von Rohöl, das zu wirtschaftlich attraktiven Bedingungen gewonnen werden kann, ab. Vor dem Hintergrund, dass der Individualverkehr in den entwickelten Ländern fast ausschließlich durch den Energieträger Rohöl getragen wird, der aus einigen wenigen - in der Regel sehr instabilen Weltregionen - importiert wird, werden sehr breit Strategien und Maßnahmen diskutiert bzw. von Industrie und Politik vorangetrieben, um eine stärkere Diversifizierung von Kraftstoffen für die individuelle Mobilität zu erreichen.

Die Aufgabenstellung dieser Studie war es – unter der Prämisse der Relevanz von vielstoff-fähigen Antriebssträngen - den viel versprechenden und notwendigen Forschungs- und Entwicklungsbedarf herauszuarbeiten, wobei insbesondere Kernfragen für die Aggregate-Technologien definiert werden und eine Einordnung in den Stand der Wissenschaft gegeben werden soll.

Als Vielstoff-Fähigkeit wird in diesem Zusammenhang verstanden – im Beispiel der Otto-Kraftstoffe -, dass ein Kraftfahrzeug mit konventionellem Otto-Kraftstoff, mit einem Mix aus Otto-Kraftstoff und z.B. Ethanol bzw. ETBE, oder auch dem reinen Biokraftstoff betreibbar sein soll, wobei in jedem Fall hohe Effizienz und geringst mögliche Schadstoffemissionen anzustreben sind. Darüber hinaus sollte in der Perspektive auch die parallele Verwendung von Otto- und Diesekraftstoffen betrachtet werden.

### **Durchführung des Vorhabens**

Die Aufgabenstellung wurde gemeinsam vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Stuttgart (Institut für Fahrzeugkonzepte sowie Institut für Verbrennungstechnik) und dem Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart im Rahmen einer Studie bearbeitet; diese wurde wie folgt gegliedert:

#### **a) Forschungspotentiale für konventionelle Antriebe aufzeigen**

Konventionelle Antriebe (Otto oder Diesel) sollen untersucht werden und es soll aufgezeigt werden, wie diese modifiziert und optimiert werden können, um hinsichtlich der Vielstoff-Fähigkeit möglichst geringe Einbußen an Effizienz und Schadstoffarmut zu erreichen.

## **b) Forschungspotentiale für neuartige Antriebs- bzw. Hybridkonzepte aufzeigen**

Neuartige Konzepte, wie Antriebskonzepte auf Basis von

- **Druckzellen-Motor,**
- **Gasturbine,**
- **Freikolbenlineargenerator,**

die eine inhärent höhere Vielstoff-Tauglichkeit erwarten lassen, sollen auf ihre Eignung im Kraftfahrzeug untersucht und bewertet werden.

## **c) Hinweise für eine begleitende Studie zu wirtschaftlichen und ökologischen Potentialen insbesondere im Hinblick auf die Kraftstoff-Basis geben.**

Querschnittlich werden die Abgasemissionen behandelt, da hier die neuen Kraftstoffe durchaus zu bisher nicht betrachteten Emissionen führen können.

## **Erzielte Ergebnisse**

Bezüglich der Grundvoraussetzungen für die Studie wurde im Verlauf der Bearbeitung deutlich, dass eine zukünftig zunehmende Bedeutung von vielstoff-fähigen Antrieben mit dem Argument einer zunehmenden Anzahl von Bi-Fuel und Flex-Fuel-Fahrzeugen, die angeboten bzw. vorgestellt werden, vertreten werden kann.

Gleichwohl wird andererseits von der Mehrzahl der Motorenentwickler die Forderung nach einem eng spezifizierten Kraftstoff gestellt, was dem heutigen Vorgehen der stetigen Verbesserung der Effizienz sowie der Senkung der Emissionen von Hubkolben-Motoren auf Basis eng spezifizierter Kraftstoffe entspricht.

Als weiteres Querschnittsthema wurde die Emissionsbildung bei der Umsetzung von alternativen Kraftstoffen aufgenommen. Hier wurde ausgeführt, dass die Verbesserung der Diagnose bislang weniger beachteter Schadstoffklassen notwendig ist. Zudem sollte auch die biologische Wirksamkeit betrachtet werden, um Kriterien zu erarbeiten, nach denen die Emissionen bei der Verbrennung alternativer Kraftstoffe adäquat bewertet werden können.

In der Studie wurde eine ganze Bandbreite von Primärenergiewandlern für Fahrzeuge aus technologischer Sicht betrachtet. In der historischen Rückschau ergab sich, dass der vielstoff-fähige Hubkolbenmotor seine größte Bedeutung in der militärischen Anwendung (dort findet auch in aktuellen Entwicklungen die Vielstoff-Fähigkeit eine hohe Beachtung) und in Zeiten einer mangelhaften Kraftstoffversorgung hatte.

Ausgehend von einer technologischen Analyse wurde ein Konzept für einen vielstoff-fähigen Hubkolben-Motor abgeleitet, das auch einen energieeffizienten Betrieb berücksichtigt. Wesentliche Charakteristika sind dabei die homogene Selbstzündung in häufig auftretenden Betriebspunkten, variable Verdichtung für ein breites Spektrum von Cetan- und Oktanzahlen, variabler Ventiltrieb zur Restgassteuerung, homogene Aufbereitung von Diesel-ähnlichen Kraftstoffen. Aus Sicht der Autoren berührt dies wesentliche Fragestellungen zu vielstoff-fähigen Hubkolben-Motoren, die im Rahmen wissenschaftlicher Untersuchungen betrachtet werden sollten.

Aus der Analyse geht hervor, dass die Vielstoff-Fähigkeit des Hubkolbenmotors erweiterte Eingriffsmöglichkeiten gegenüber dem in konventionellen Motoren realisierten Stand erfordert (s.o. variable Verdichtung, variabler Ventiltrieb). Diese Anforderungen greifen Freikolben-Motoren auf. In einem umfangreichen Vergleich wurde der Stand der Entwicklung von Freikolben-Motoren herausgearbeitet. Die Entwicklung eines leistungsfähigen Freikolben-Motors stellt unter anderem aufgrund der hohen Anforderungen zur Beherrschung der Systemdynamik eine große Herausforderung dar, was aber im Lichte der hohen Variabilität, die mit entsprechenden Konzepten erreicht werden kann, gerechtfertigt erscheint. Der Freikolben-Motor mit einer Brenn-

raum-Gasfeder-Konfiguration erscheint hierbei besonders vielversprechend. Daher wird vorgeschlagen, in weiterführenden Projekten dessen Vielstoff-Fähigkeit zu untersuchen.

Energiewandler mit kontinuierlicher Verbrennung weisen gegenüber Energiewandlern mit diskontinuierlicher Verbrennung eine inhärente Vielstoff-Fähigkeit auf. In der Studie wurden dazu die Energiewandler Gasturbine, Stirling-Motor und Druckzellen-Motor untersucht. Dabei werden die Energiewandler Gasturbine und Stirling-Motor in verschiedenen Bereichen außerhalb der mobilen Anwendung eingesetzt. Sie wurden bereits auch hinsichtlich ihrer Eignung als Fahrzeugantrieb untersucht. Der Druckzellen-Motor steht exemplarisch für Konzepte, die sich bisher lediglich in der konzeptionellen Entwicklung befinden. Alle Konzepte beinhalten ein erhebliches Potential im Hinblick auf die erreichbaren Emissionen. Wesentliche Herausforderung wird es sein, akzeptable Wirkungsgrade im Vergleich zu Hubkolben-Motoren darzustellen. Aufgrund der Breite der Anwendung der Gasturbine und der Möglichkeit der Übertragung von Technologien zu Strömungsmaschinen wie sie im Automobil z.B. im Abgasstrang eingesetzt werden, wird empfohlen in weiterführenden wissenschaftlichen Projekten die Grenzen der Gasturbinen als vielstoff-fähiger Energiewandler für Fahrzeuge zu untersuchen. Kernfragen sind dabei Konzepte zur Steigerung des Wirkungsgrades und Analyse und Optimierung des Verbrennungs- und Abgasverhaltens bei Einsatz unterschiedlicher flüssiger und gasförmiger Brennstoffe.

Aus zahlreichen Diskussionen, insbesondere auch in einem im Rahmen des Projektes durchgeführten Workshop, ging hervor, dass zukünftige Entwicklungen im Kraftstoffmarkt einer weiteren Klärung bedürfen. Es empfiehlt sich daher, parallel zu technologie-orientierten Projekten, das wirtschaftliche und ökologische Potenzial neuartiger Kraftstoffkombination und Kraftstoffgemische variabler Zusammensetzung und Qualität in einer anschließenden Studie zu untersuchen.

## **Mögliche Anwendungsfelder**

Die Ergebnisse der Studie können zur Strategie-Entwicklung in den folgenden Bereichen angewendet werden: .Entwicklung von Kraftstoffstrategien für Fahrzeuge, Technologieentwicklung für vielstoff-fähige Fahrzeugantriebe.

## **Ansprechpartner**

Prof. Horst Friedrich, DLR, Institut für Fahrzeugkonzepte, Stuttgart  
Tel.: 0711-6862-535, horst.friedrich@dlr.de

Prof. Manfred Aigner, DLR, Institut für Verbrennungstechnik, Stuttgart  
Tel.: 0711-6862-309, manfred.aigner@dlr.de

Prof. Michael Bargende, Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart,  
Tel: 0711-685-65645, michael.bargende@fkfs.de