



Überblick über das laufende Forschungsprogramm

Nachfolgend wird über ausgewählte Forschungsvorhaben berichtet:

Antriebskonzept

FVA-Nr. 514

Brennstoffzellenbasierte Fahrzeuge und energiesparende Hybridantriebe versprechen ein enormes Entwicklungspotenzial. Eingebracht von einem mittelständischen Unternehmen konnte das Projekt „Entwicklung, Erprobung und Optimierung eines neuen Antriebskonzeptes mittlerer Leistung“ Erkenntnisse zur Modellbildung, Simulation und Regelung von brennstoffzellenbasierten Hybridantrieben in der Leistungsklasse bis 2kW elektrisch erbringen.

Das Ziel des Projektes ist es, Empfehlungen zum Entwurf der Hybridstruktur durch Anordnung der verfügbaren Speicher (klass. Akkus, SuperCaps) in Kombination mit DC/

DC-Wandlern sowie zur Entwicklung eines Powermanagementsystems zur Optimierung der Lade-strategien, dem Schutz der Zellen sowie zur Realisierung der Antriebsdynamik etc. zu gewinnen. Die in Abb. 1 dargestellte Kombination der, im Vergleich zu Akkusystemen hohen Energiedichte von Wasserstoff, mit der hohen Leistungsdichte von SuperCaps, legt die Realisierung eines rekuperationsfähigen Systems nahe. Der Aufbau wurde als Hardware-in-the-Loop-Versuch konzipiert. Ein realisiertes Lastprofil mittels eines zweiten gekoppelten Antriebs simuliert die Dynamik des angetriebenen Systems.

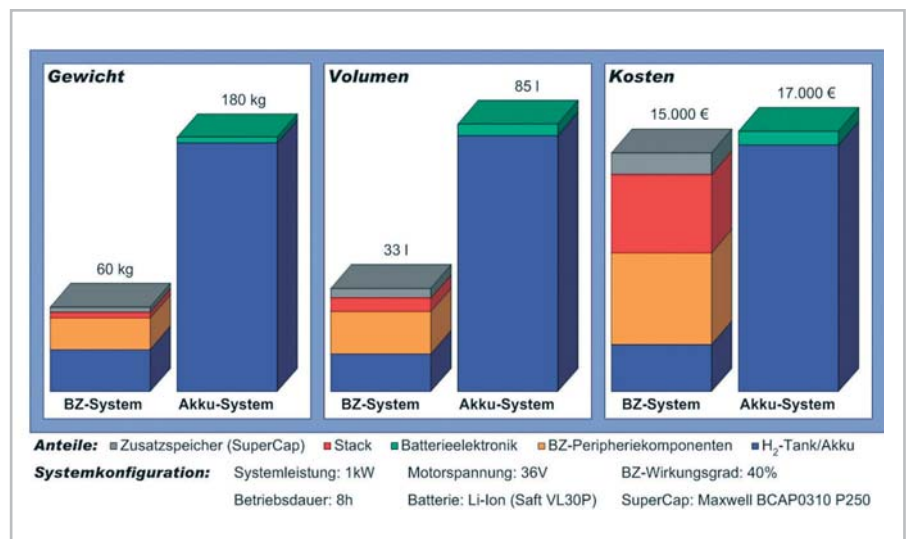
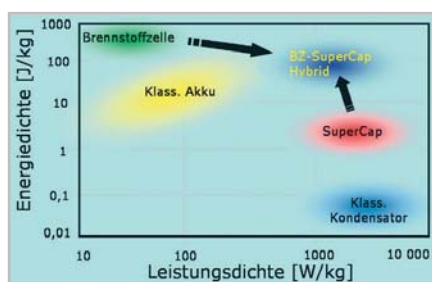
Konzeption und Methodik

Die in Abb. 2 dargestellte Vorgehensweise zeigt

- ❖ die div. Bewertungskriterien des Antriebskonzeptes (rechts),
- ❖ die Variationen des Antriebskonzeptes (Mitte) sowie
- ❖ die zur Realisierung notwendigen Lastprofile (links).

Die Ergebnisse, aufgezeigt als Funktion der Parameter (Topologie, Auslegungsgrößen des Hybridsystems, etc.), erlauben die Auslegung. Schon jetzt ist absehbar, dass das Lastprofil einen bestimmenden Einfluss hat. Die wichtigen Vorteile des Konzeptes zeigen sich bei Anwendungen mit großem Anteil an

Abb. 1: Vorteile von brennstoffzellenbasierten Hybridsystemen



Prof. Jörg Wolf, Robert Bosch GmbH,
Obmann des AK Mechatronik



Sowohl bei individueller Mobilität als auch in der Automatisierungstechnik sind autonome elektrische Kleinantriebe im Bereich von 1 bis 2 KW auf dem Vormarsch. Diese werden heute ausschließlich aus Batterien versorgt.

Der Einsatz von Brennstoffzellen bietet hier eine interessante Alternative, um die Problematik geringer Energiekapazität bzw. hoher Masse signifikant zu verbessern.

In diesem Projekt soll nicht nur ein durch eine Brennstoffzelle angetriebenes, energieautonomes, mechatrisches Antriebssystem konzipiert und aufgebaut werden, sondern auch eine Vorgehensweise zum optimalen, skalierbaren Design solcher Systeme entwickelt werden. Diese wird es ermöglichen, aus den Spezifikationen der jeweiligen Anwendung das optimale Design bzgl. Topologie der Komponenten und deren Parametrierung auszuwählen.

Ich sehe dies als eine starke Unterstützung für unsere in diesem Bereich operativen Mitgliedsfirmen.

Abb. 2: Vorgehensweise

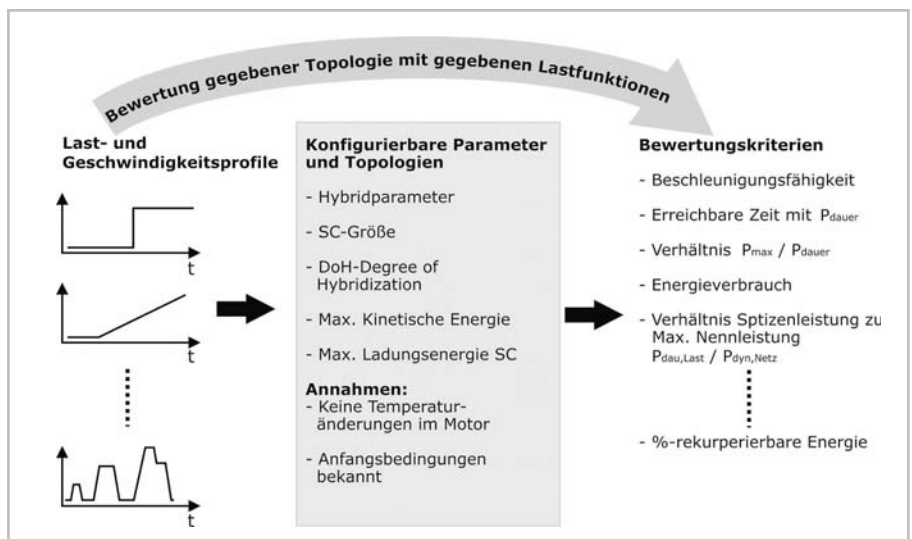
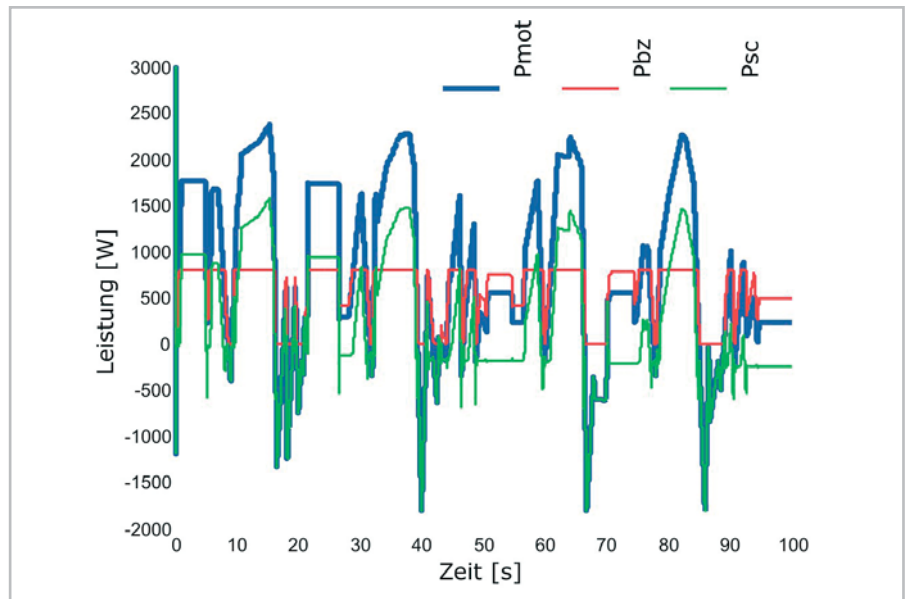




Abb. 4: Leistungsfluss zwischen Erzeuger (Pbz), Speicher (Psc) und Verbraucher (Pmot) (hier: Topologie mit bz-seitige DC/DC-Wandler für 2.5kW Hybridsystem)

Beschleunigungs- und Abbremsphasen mit kurzen Gleichanteilen und hohen Lastspitzen. Die Skalierung der Ergebnisse erlaubt auf Grund der methodischen Vorgehensweise die Übertragung auf andere Leistungsklassen und unterschiedlichste Anwendungen.



Modellbildung und Simulation

Die modellierten Komponenten wurden am Prüfstand validiert. Parametervariationen sind leicht zu realisieren, ebenso die Implementierung und Realisierung von Lastprofilen und von Powermanagement-Algorithmen. Im Rahmen des Projektes wurde ebenfalls eine robuste Regelung der Brennstoffzelle entworfen.

Realisierung

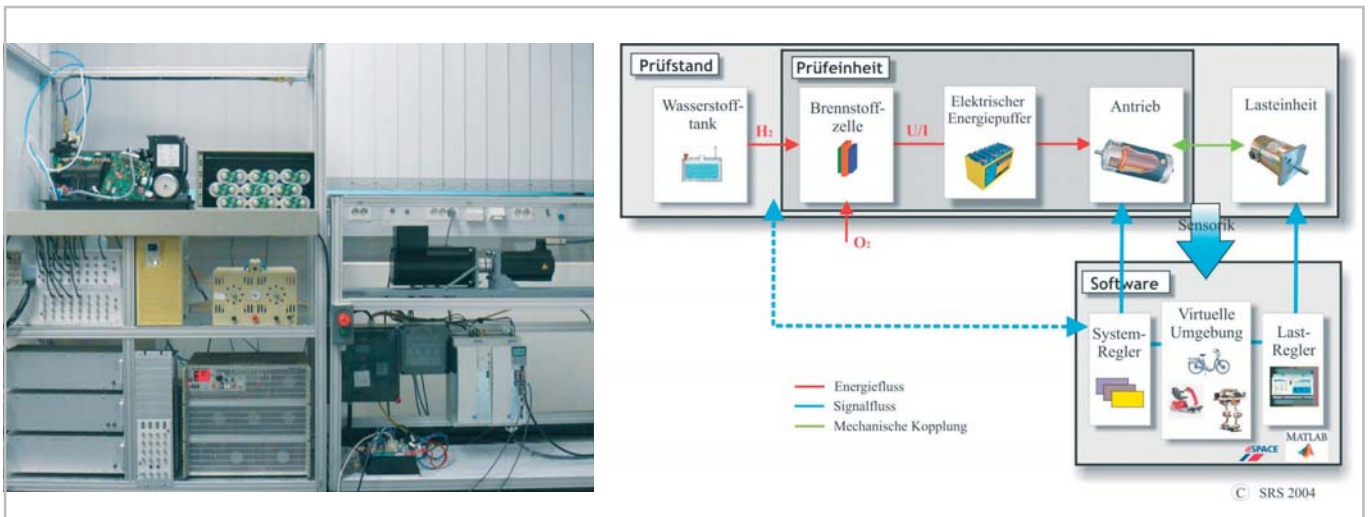
Der Versuchsstand ist in Abb. 3 dargestellt. Die wichtigsten Komponenten neben der Brennstoffzelle und dem

gekoppelten Motoraggregat, sind die bidirektionale DC/DC-Wandler sowie das dSPACE-System zur Systemsteuerung und -regelung. Mit dem Versuchsstand sind bei einer Busspannung von 48V Stromspitzen bis zu 50A, rekuperierender 4Q-Betrieb sowie beliebige Lastprofile realisierbar. Ein typisches Ergebnis zur Energieverteilung für eine typische Leistungsanforderung ist in Abb. 4 wiedergegeben.

Die Ergebnisse werden in einem Leitfaden zur Wahl von Topologien sowie zur Auslegung von Komponentengrößen zusammengefasst. Wesentliche Ergebnisse der Untersuchung

werden experimentell validiert, weitere Untersuchungen durch skalierte Simulation verifiziert. Mit Hilfe des Versuchsstandes sowie auf Basis der verfügbaren Modelle, sind weitergehende Untersuchungen sowohl zur Dynamik hybrider Antriebssysteme, als auch zur weiteren Topologieoptimierung und zur Optimierung der Betriebsführung (Beeinflussung Komponentenlebensdauer, Erhöhung Energieeffizienz) und zur (Last-) Dynamik von Brennstoffzellen möglich.

Abb. 3: HiL-Versuch EUT/SRS Universität Duisburg-Essen



Wassergehalt in Ölen

FVA-Nr. 488 I

Zunehmende Leistungsdichte und stetig steigende Anforderungen an moderne Zahnradgetriebe verlangen den Einsatz entsprechend leistungsfähiger Schmierstoffe. In Hochleistungsgetrieben kommen daher neben Mineralölen zunehmend synthetische Schmierstoffe, z. B. Polyglykole, zum Einsatz. Verunreinigungen im Schmierstoff, zu denen auch Wasser gehört, können jedoch die Leistungsfähigkeit der eingesetzten Schmierstoffe erheblich mindern. Frühere Untersuchungen zeigten, dass bereits kleine Mengen Wasser in Mineralölen die Lebensdauer von Wälzkontakten deutlich reduzieren. Der Einfluss von Wasser in Polyglykolen und Polyalphaolefinen war jedoch bisher kaum bekannt. Zielsetzung des vorliegenden Forschungsvorhabens war es daher festzustellen, welchen Einfluss Wasser in Hochleistungs-Schmierstoffen, insbesondere in Polyglykolen, auf die Lebensdauer von Wälzlager und auf die Zahnflankentragfähigkeit einsatzgehärteter Stirnräder hat. Untersucht wurde der Einfluss von Wasser schwerpunktmäßig bei Polyglykol sowie vergleichend bei weiteren Schmierstoffen gleicher Nennviskosität, aber unterschiedlicher Zusammensetzung. Bei den Schmierstoffen handelte es sich um Praxisschmierstoffe aus dem Anwendungsgebiet Windkraftanlagengetriebe. Ergänzend wurde auch ein MTF aus dem Fahrzeuggetriebebereich mit geringerer Nennviskosität untersucht.

Zur Untersuchung der Wälzlagerlebensdauer standen drei Radiallagerprüfstände und zwei axial belastete

FE8-Prüfstände zur Verfügung. Als Prüflager wurden auf den Radiallagerprüfständen Pendelrollen- und Rillenkugellager verwendet. Auf den FE8-Prüfständen kamen Schrägkugel- und Axialzylinderrollenlager zum Einsatz.

Zur Ermittlung von Referenzlebensdauern wurden Lebensdauerversuche mit verschiedenen Lagertypen und Schmierstoffen ohne Wasserzugabe durchgeführt. Die Lebensdauer der Pendelrollenlager bei Schmierung mit Polyalphaolefin, Mineralöl und Ester unter Zugabe von 0,5 % Wasser, ist erheblich kürzer als die Lebensdauer der Prüflager in den Referenzversuchen bei Schmierung mit Mineralöl und PAO ohne Wasserzugabe. Die Laufzeiten der Pendelrollenlager bei Schmierung mit Schaltgetriebeöl mit 0,5 % Wassergehalt lagen über

den Laufzeiten der Versuche mit Polyalphaolefin und Ester unter Zugabe von 0,5 % Wasser. Die Lebensdauer der Pendelrollenlager bei Schmierung mit Polyglykol und 2 % Wasser liegt oberhalb der Lebensdauer der Prüflager bei Schmierung mit Polyalphaolefin, Ester, Schaltgetriebeöl und Mineralöl mit 0,5 % Wassergehalt und erreicht ähnliche Werte wie die Referenzversuche mit Mineralöl und PAO ohne Wasser. Als Hauptschadensart trat bei Zugabe von Wasser frühzeitige Grübchenbildung auf. Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse wird das vorzeitige Ausfallen von Wälzlager unter Wasserzugabe, auf Schwingungsrissskorrosion im passiven Zustand, in Verbindung mit wasserstoffinduzierter Spannungsrisskorrosion, zurückgeführt.

Bild 1: Vergleich der Ausfallwahrscheinlichkeit bei Schmierung unter Zugabe von Wasser

