

für Mitglieder

aus der umfassenden Kompetenz der Technischen Kommission der SSM

*Antriebstechnologien
Treib- und Schmierstoffe*

*Reglemente & Politik
Infos aus der SSM*

Editorial

Mobilität wird elektrisch. Das Thema boomt, wenigstens in den Köpfen, in den Medien, in Diskussionen. Allerdings, was die vollelektrischen Fahrzeuge betrifft, noch nicht so sehr in der Realität. Dagegen wächst der Bestand an Hybridfahrzeugen, die im weiteren Sinn auch zu den Elektrofahrzeugen gezählt werden können und die es inzwischen in vielfältigen Formen gibt. Die traditionelle SSM-Vortragstagung widmet sich dem Thema: E-Antrieb – Nische, PR-Gag oder Zukunft? Die Tagung findet am Donnerstag 26. September 2013 im Campus Sursee statt.

Programm und Anmeldung http://www.strasseschweiz.ch/Vortragstagung_SSM_2013.html

Ueli Wolfensberger

Hybridfahrzeuge

Christian Bach

Es gibt eine Reihe unterschiedlicher Hybridantriebe. Man kann diese zum Beispiel anhand ihrer Hardware-Konzepte unterscheiden: Fahrzeuge mit kurbelwellenfester E-Maschine werden als „milde“ Hybride bezeichnet, solche mit vom Verbrennungsmotor trennbarem oder an einer anderen Achse montiertem E-Motor als Vollhybrid. Dient der Verbrennungsmotor nur als Stromgenerator, wird dies als Serienhybrid oder Range Extender bezeichnet. Weist das Fahrzeug ein Ladekabel auf, spricht man von Plugin-Hybriden.

Während milde und volle Hybride mit kleinen elektrischen E-Motoren und Batterien auskommen und Plugin-Hybride grosse Batterien aufweisen, benötigen Serienhybride leistungsstarke E-Motoren und grosse Batterien (dafür kleinere Verbrennungsmotoren). Neben Elektrohybriden gibt es auch pneumatische oder

hydraulische Hybride oder Hybridantriebe mit Schwungrad.

Die Motivation für Hybridantriebe basiert auf zwei Eigenschaften: Mittels Betriebspunktverschiebung hin zu höheren Lasten kann der Wirkungsgrad von Verbrennungsmotoren erhöht und dank der Möglichkeit zur Energiespeicherung kann Bremsenergie zurückgewonnen werden. Deshalb weisen Hybridantriebe insbesondere bei städtischen Fahrten Verbrauchsvorteile auf. Bei den dort typischen niedrigen Leistungen weisen Verbrennungsmotoren niedrige Wirkungsgrade von < 20% auf. Mit Hybridfahrzeugen können diese Fahrten teilweise elektrisch gefahren werden.

Während konventionelle Benzinfahrzeuge je nach Last Wirkungsgrade von 15 bis 35% aufweisen, liegen diese bei Hybridfahrzeugen generell zwischen 30 bis 35% (im Hybridbe-

trieb nahezu unabhängig vom Hybridkonzept). Im Normzyklus weisen Hybridantriebe Verbrauchsvorteile um 15 bis 20% auf, in der Realität liegen diese je nach Einsatzgebiet zwischen 5 bis 40%. Normverbrauchswerte von Fahrzeugen mit konventionellem oder hybridem Antrieb basieren auf Messwerten, diejenigen von Plugin-Hybriden werden anhand einer etwas willkürlichen Formel berechnet. In der Praxis können die Verbräuche von Plugin-Hybridfahrzeugen deshalb deutlich hö-

her liegen, als der Normverbrauch dies vermuten lässt.

Der Verbrennungsmotor von Hybridfahrzeugen kann mit Benzin, Diesel oder Gas betrieben werden. Anstelle eines Verbrennungsmotors kann auch eine wasserstoffbetriebene Brennstoffzelle eingesetzt werden.

Es wird erwartet, dass Hybridantriebe in Mittelklassefahrzeugen und SUVs aufgrund der CO₂-Gesetzgebung stark an Bedeutung gewinnen.

Weitere Informationen:

- <http://www.e-mobile.ch/?pid=de,2,8>
- <http://www.hybrid-autos.info/>
- <http://www.spiegel.de/thema/hybridfahrzeuge/>
- <http://www.handelsblatt.com/themen/Hybrid-Fahrzeuge>

Erfahrungen mit einer Hybridfahrzeug-Flotte

Yves Soland, Implenia Schweiz AG

Zum Fuhrpark der Implenia Schweiz AG gehören ca. 500 Personenwagen, darunter eine Flotte von 19 Toyota Auris Hybrid, vier Toyota Prius Hybrid sowie ein Lexus CT200 Hybrid, alle ausgerüstet mit einem 1,8 l Benzin-Hybrid.

Die Mehrheit dieser Hybridfahrzeuge wird als Mitarbeitergeschäftsfahrzeuge eingesetzt, das heisst, der Mitarbeiter entscheidet sich bewusst für das entsprechende Fahrzeug. Diese Fahrzeuge stehen dem Mitarbeiter für geschäftliche Fahrten, aber auch für den Arbeitsweg sowie allfällige Privatfahrten zur Verfügung. Neun Toyota Auris Hybrid werden an einem unserer Standorte als Poolfahrzeuge eingesetzt. Diese Fahrzeuge können durch die Mitarbeiter für geschäftliche Fahrten gebucht werden. Da diese Fahrzeuge unterschiedliche Lenker haben, wurde eine Kurzanleitung bezüglich der Handhabung erstellt und im Fahrzeug deponiert. Alle 24 Hybridfahrzeuge werden speziell als Öko-Fahrzeuge eingesetzt zur Gewinnung von Erfahrungen und auch zu Imagezwecken.

Die Jahresleistung der Flotte beträgt im Durchschnitt knapp 19'000 km; dies in einem Bereich zwischen 10'200 und 33'500 km. Die geringen Verbrauchsunterschiede zwischen den Fahrzeugen mit unterschiedlicher Kilometerleistung lassen keine Aussage über eine Korrelation zwischen Verbrauch und Laufleistung zu. Der Durchschnittsverbrauch liegt bei den Hybridfahrzeugen von Implenia im praktischen Einsatz 25 bis 45% höher als die

Werksangaben: Beim Auris Hybrid nennt das Werk einen Verbrauch von 3,8 bis 4,0 Liter/100 km, Implenia misst im Durchschnitt 5,0 bis 5,5 Liter/100 km. Beim Prius und Lexus Hybrid sind die entsprechenden Zahlen 4,0 Liter/100 km (Werksangabe) und 5,0 bis 5,7 Liter/100 km (Implenia). Zwei Ausreisser sind ohne nähere Begründung zu nennen, nämlich ein Fahrzeug mit 6,7 Liter/100 km und eines mit 3,2 Liter/100 km.

Das Einsatzfeld erweist sich als entscheidend für die Beurteilung der Hybridfahrzeuge. Ideal sind vorwiegend städtische Fahrten, wogegen bei vermehrtem Einsatz auf Autobahnen und Überlandstrassen die Wirkung der Hybridtechnik verloren geht – der 1,8 Liter Benzinmotor weist im verhältnismässig schweren Fahrzeug einen eher hohen Treibstoffverbrauch auf. Im Bereich Wartung / Reparatur / Bereifung sind die Fahrzeuge nicht auffällig.

Trotz anfänglicher Skepsis der Mitarbeiter bei den Poolfahrzeugen haben sie sich sehr schnell und ohne grosse Probleme an die etwas andere Art des Fahrens gewöhnt. Beindruckend ist immer wieder der lautlose Start beziehungsweise das lautlose Rangieren auf Parkplätzen und in Parkhäusern. Allerdings birgt gerade dieses geräuschlose Fahren bei tiefen Tempi ein gewisses Risiko für Fussgänger und Velofahrer. Daher ist es enorm wichtig bei diesen Fahrzeugen, die Umgebung bei den erwähnten Manövern genau zu beobachten. Implenia verzeichnet in

den letzten drei Jahren glücklicherweise keinen Unfall aufgrund der Hybridtechnologie.

Fazit: Trotz der hohen Abweichung im Treibstoffverbrauch verfolgt Implan die Weiter-

entwicklung dieser Technologie (z.B. Plugin-Hybrid) mit grossem Interesse und wird weitere Hybridfahrzeuge einsetzen.

Das Brennstoffzellenpostauto – ein emissionsfreier Antrieb

Nikoletta Seraidou, PostAuto Schweiz AG

Seit über einem Jahr fahren fünf Brennstoffzellenpostautos in Brugg (AG). Die Fahrzeuge werden mit Wasserstoff betankt. In Brennstoffzellen-Systemen, die auf dem Fahrzeugdach montiert sind, werden Wasserstoff und Luft-sauerstoff zusammengeführt. Durch die chemische Reaktion wird Strom hergestellt, dieser treibt die beiden Radnabenmotoren an. Das Brennstoffzellenpostauto fährt somit rein elektrisch, als Abgas entsteht nur Wasserdampf.

Bei der Einführung von neuen Fahrzeugen, besonders mit neuen Antriebsvarianten, muss man immer mit «Kinderkrankheiten» rechnen. Man kann das Fahrzeug in drei Baugruppen einteilen: Wasserstoff-führende Bauteile, Hochvolt-führende Bauteile und konventionelle Fahrzeug-Bauteile, zum Beispiel Türen, Sitze usw. Interessanterweise sind nicht etwa die neuen Wasserstoff-führenden Bauteile auffällig, sondern die aus dem Bereich der Hybrid-Fahrzeuge bekannten Hochvolt-führenden Bauteile, die schon länger auf dem freien Markt verfügbar sind. Nach der schrittweisen Einführung der Brennstoffzellenpostautos in die Fahrzeugflotte haben sie rasch ihre monatliche Distanz-Ziellaufleistung erreicht.

Auch bei der Wasserstofftankstelle hat man sich auf neues Gebiet begeben, und auch hier wurde durch schrittweise Inbetriebnahme die Verfügbarkeit abgesichert. Heute ist sie online überwacht, und eine Betankung ist zu jeder Zeit möglich.

Herzstück der **Wasserstofftankstelle** ist der Elektrolyseur; er spaltet Leitungswasser mit-

tels „grünen Stroms“ in Wasserstoff und Sauerstoff. Er kann bis zu 60 nm³/h Wasserstoff mit ca. 10 bar herstellen. Zwei Kompressoren komprimieren den Wasserstoff von 10 bar auf 410 bar und lagern ihn im Hochdruckspeicher ein. Die Betankung erfolgt mit 350 bar und dauert fünf bis zehn Minuten. Auf einem Trailer gelagerte Druckflaschen mit Wasserstoff dienen der Versorgungsabsicherung. Dieser Wasserstoff stammt aus der Chlor-Alkali-Elektrolyse, dort fällt er als Nebenprodukt an und wird mit 210 bar angeliefert.

Bei den **Brennstoffzellenpostautos** handelt es sich genau genommen um Brennstoffzellen-Hybrid-Fahrzeuge. Zwei Radnabenmotoren mit 120 kW Dauerleistung wirken auf die Hinterräder. Eine Hochvoltbatterie mit 26 kWh Kapazität liefert 258 kW Leistung. Das Fahrzeugleergewicht beträgt mit 13,4 Tonnen ca. 1,1 Tonne mehr als ein herkömmliches Fahrzeug seiner Klasse. Bei einem Verbrauch von acht bis neun Kilogramm H₂/100 km und einem Tankinhalt von 35 kg kann der Bus rund 400 km fahren. Die Kosten sind erheblich, etwa fünf- bis sechsmal Mal mehr als ein herkömmliches Fahrzeug seiner Klasse, nämlich 2,2 Mio CHF.

PostAuto bietet mit dem Brennstoffzellenpostauto für den öffentlichen Verkehr eine emissionsfreie Antriebsart an. Diese Leistung verursacht zusätzliche Kosten. Nur wenn der Besteller (Kanton) bereit ist, diese Leistung zu bezahlen, kann die Brennstoffzellen-Flotte ausgebaut werden.

Weitere Informationen:

- www.postauto.ch Webcode:10571

- Brennstoffzelle – Mobilität mit grosser Reichweite;

<http://www.daimler.com/dccom/0-5-1228969-49-1401252-1-0-0-1401206-0-0-135-0-0-0-0-0-0-0.html>

Wasserstoffherzeugung aus Überschussstrom als Energiespeicher

Christian Bach

Die neue Energiestrategie sieht vor, dass Atomkraftwerke bis 2050 zur Hälfte durch Einsparungen und zur anderen Hälfte durch neue erneuerbare Elektrizität ersetzt werden. Dies ist mit verschiedenen Herausforderungen verbunden: Einerseits müssen über 20 TWh erneuerbare Elektrizität zugebaut werden, diese muss in das Stromnetz integriert werden, und mittels Stromspeicherung müssen zeitliche Schwankungen ausgeglichen werden.

Simulationen zeigen, dass aufgrund der starken Sonneneinstrahlung im Sommerhalbjahr ein Strom-Überschuss von bis 9 TWh erwartet werden muss, wenn Blockheiz- und Gaskombikraftwerke nicht regelbar sind, beziehungsweise bis 4,5 TWh, wenn diese regelbar sind. Zur Aufrechterhaltung des Stromnetzes müssen davon 3,5 TWh saisonal gespeichert werden können, was im Idealfall in Pumpspeicherkraftwerken möglich ist. Mindestens 1 TWh überschüssige Elektrizität im Sommerhalbjahr bleibt aber noch übrig. Statt diese Energiemenge abzuregeln, wie das heute gemacht wird, sollte sie nutzbar gemacht und zur Substitution fossiler Energie genutzt werden.

Aufgrund des starken Ausbaus der erneuerbaren Energie dient Deutschland als gutes Anschauungsbeispiel: 2005 wurden dort noch rund 10 GWh Strom abgeregelt, 2010 waren es bereits über 120 GWh, und im letzten Jahr wurden fast 3 TWh Strom abgeregelt, weil zu wenig Verbraucher am Netz waren.

Weitere Informationen:

- <http://www.powertogas.info/>

- <http://www.zsw-bw.de/themen/brennstoffe-wasserstoff/power-to-gas.html>

- http://www.audi.de/de/brand/de/unternehmen/corporate_responsibility/produkt/audi-e-gas-_neuer-kraftstoff.html

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, solchen temporär überschüssigen Strom zu speichern; mit jeweils unterschiedlichen Vor- und Nachteilen. Eine kosten- und kapazitätsseitig sehr interessante Möglichkeit besteht in der chemischen Stromspeicherung. Dabei wird temporär überschüssige Elektrizität in Wasserstoff umgewandelt. Pro TWh können rund 15'000 t Wasserstoff erzeugt und über 50 Mio. Liter Benzin substituiert werden.

Ist Wasserstoff verfügbar, muss man ihn natürlich auch nutzen können. Eine solche Möglichkeit besteht in der direkten Verwendung als Treibstoff in Brennstoffzellenfahrzeugen oder als Beimischung zum Erdgas für Erdgasfahrzeuge (siehe nachfolgenden Artikel). Eine andere Möglichkeit ist die Methanisierung von biogenem CO₂ (beispielsweise aus Biogasanlagen). Biogas besteht zu 50% aus Methan, das ins Erdgasnetz eingespeist werden kann, und zu 50% aus biogenem CO₂, das abgetrennt und an die Atmosphäre abgegeben wird. Dieses CO₂ kann mit Wasserstoff in einem relativ einfachen Prozess ebenfalls in Methan umgewandelt und ins Erdgasnetz eingespeist werden.

Das ungenutzte Potenzial von derart zu gewinnendem Bio-Methan in der Schweiz würde reichen, um über eine Million Personenwagen CO₂-neutral und mit einheimischem Treibstoff zu betreiben.

Erdgas-Wasserstoffgemisch zur CO₂-Reduzierung

Christian Bach

Wasserstoff, der aus temporär überschüssiger Elektrizität erzeugt wird, sollte möglichst direkt genutzt werden, weil jede weitere Umwandlungsstufe die Kosten- und Energiebilanz verschlechtert. Eine solche direkte Nutzung ist einerseits in Brennstoffzellenfahrzeugen möglich, was allerdings in nächster Zeit erst in lokal betriebenen Fahrzeugen wie Bussen

oder Arbeitsmaschinen praxistauglich und einigermaßen wirtschaftlich machbar sein wird. Anders sieht dies aus, wenn Wasserstoff an Erdgastankstellen dem Erdgas beigemischt und in normalen Erdgasfahrzeugen verfahren wird.

Untersuchungen der Empa zeigen, dass Wasserstoff damit nicht nur ein CO₂-freies Erdgas-

Substitut darstellt, sondern auch wirkungsgradsteigernd wirkt.

Erdgas weist eine hohe Klopfestigkeit von bis 130 Oktan auf. Dies ermöglicht eine Wirkungsgrad- und Leistungssteigerung gegenüber Benzin. Allerdings bedeutet die hohe Klopfestigkeit auch eine Zündunwilligkeit, was aber durch die Wasserstoffbeimischung kompensiert werden kann. Brennverlaufsuntersuchungen zeigen, dass der Wasserstoff nach der Zündung sehr schnell verbrennt und eine robuste Erdgasverbrennung mit geringeren Wandwärmeverlusten und weniger unverbranntem Treibstoff einleitet. Die schnellere und robustere Verbrennung bewirkt bereits an

nicht angepassten Motoren eine Wirkungsgradsteigerung bis 5%. Werden Brennverfahren auf diesen Treibstoff ausgelegt, sind Wirkungsgradsteigerungen bis 10% denkbar.

Wasserstoff wirkt auf einige Metalle versprödhend. Da die meisten Erdgasfahrzeuge mit Stahlflaschen herumfahren, kann dem Erdgas an Erdgastankstellen heute nur max. 2% Wasserstoff beigemischt werden. Der Umstieg auf Kunststoffflaschen zeichnet sich aber ab. Daneben gibt es in Druckreglern und Einspritzventilen sicher noch Materialfragen, die geklärt werden müssen – die direkte Wasserstoffnutzung in Erdgasfahrzeugen bleibt aber die klar effizienteste und kostengünstigste Möglichkeit.

Veranstaltungen und Termine

- | | |
|--------------------|---|
| 26. Aug. 2013 | 32. Tagung der FEE, AG Biogene Gase – Brennstoffzellen
„Wasserstoffspeicher“
http://www.fee-ev.de/2013.html |
| 5. / 6. Sept. 2013 | AVL-Kongress, Graz
25. Internationale AVL-Tagung Motor & Umwelt
https://www.avl.com/engine-environment-2013 |
| 26. Sept. 2013 | SSM-Vortragstagung, Campus Sursee
„E-Antrieb – Nische, PR-Gag oder Zukunft?“
www.strassschweiz.ch/Vortragstagung_SSM_2013.html |