



INFORMATIONEN

für Mitglieder

aus der umfassenden Kompetenz der Technischen Kommission der SSM

*Antriebstechnologien
Treib- und Schmierstoffe*

*Reglemente & Politik
Infos aus der SSM*

Vortragstagung SSM 25. September 2014, Campus Sursee

„Der Verbrennungsmotor hat Zukunft“

Ueli Wolfensberger, Andreas Paul

Die These des Titels bestätigten alle Referenten: der Verbrennungsmotor hat ohne Zweifel eine Zukunft. Wobei allerdings die Erfinder Otto und Diesel ihre Motoren kaum mehr wiedererkennen würden! Der Weg zu einer nachhaltigen Mobilität wird künftig ein Nebeneinander verschiedener Antriebstechnologien sein: Brennstoffzelle, reiner Elektroantrieb, Hybridantrieb (inkl. Plug-In) und eben auch der Verbrennungsmotor, betrieben mit zunehmend CO₂-neutralem Kraftstoff. Dabei geht seine Entwicklung laufend weiter. Im PKW-Bereich wird an zahlreichen Konzept- und Detailinnovationen gearbeitet: neue Brennverfahren, mehr Leichtbau, weniger Reibung, optimierte Betriebsstrategien und effizientere Getriebe. Es wurde z.B. dargestellt, wie mit spezieller Giesstechnologie in einem Aluminiumguss-Zylinderkopf ein Verbundeinleger aus hochwertigem Sintermetall stoffschlüssig eingearbeitet werden kann und damit die thermomechanische Beanspruchungsgrenze erheblich erhöht wird.

Im LKW-Bereich wird mit der Euro-VI-Technologie ein Emissionsniveau (NO_x) von beinahe Null erreicht. Ein moderner 40-Tonnen LKW emittiert im Geschwindigkeitsbe-

reich 40 – 80 km/h etwa ebenso wenig NO_x wie ein PKW mit 1,5 Tonnen Gewicht. Und bemerkenswert: Der LKW-Hersteller muss die Einhaltung dieser Emissionsgrenze während 700'000 km garantieren! Die Entwicklung strebt nun bis 2020 einen Wirkungsgrad von über 50 % an. Der Verbrauch konnte von ca. 50 Liter/100 km in den 1970er Jahren auf derzeit ca. 33 Liter/100 km gesenkt werden und wird noch weiter bis ca. 25 Liter/100 km sinken.

Für den Vergleich verschiedener Antriebstechnologien – elektrisch, Gas, Benzin oder Diesel – hinsichtlich Energieeffizienz ist die Betrachtung des Normverbrauchs (bzw. der Norm-CO₂-Emission) nur beschränkt geeignet. Der Primärenergieverbrauch wäre schon etwas aussagekräftiger, der Realverbrauch käme der Realität noch näher. Letztlich müssen aber auch die Fahrzeugherstellung und der Aufwand zur Bereitstellung der Energieträger mitberücksichtigt werden. So kann festgestellt werden, dass der Verbrennungsmotor, wenn er mit erneuerbaren Energieträgern betrieben wird, zu den nachhaltigsten Fahrzeugantrieben überhaupt zählt.

Weitere Informationen:

- <http://www.strasseschweiz.ch/ssm/vortragstagungen-ssm/vortragstagung-ssm-2014/>

Tagung ETH / LAV 20. November 2014, ETH Hönggerberg

Der Zürcher VW-Hybridversuch (1991-1994)

Thomas Lutz

Mittels einer Flotte von 20 Hybridfahrzeugen von VW sollten in der Stadt Zürich und der Agglomeration ab Mai 1991 verschiedene Varianten des Diesel-Elektro-Hybrids während rund zweier Jahre von ausgewählten Kunden erprobt werden. Ziele dabei waren:

- Sammeln von Datenmaterial bezüglich Fahrweise in Stadt und Agglomeration, Verbräuche, Emissionsverhalten, Akzeptanz, Batterieverhalten usw.
- Aufmerksam machen auf technische Systeme, die verschiedene, mit dem Individualverkehr verbundene Probleme zu lösen vermögen.
- Unterlagen liefern für eine allfällige Weiterentwicklung.

Für den ursprünglich aus Kreisen der Politik und des Gewerbeverbandes der Stadt Zürich initiierten Flottenversuch ist als Trägerschaft eine ‚Stiftung zur Förderung von umweltfreundlichen Personenwagen‘ gegründet worden. Deren Aufgabe war es u.a., die Finanzierung des Versuchs sicher zu stellen. Wissenschaftlich wurde der Versuch vom ETHZ Laboratorium für Verbrennungsmotoren und Verbrennungstechnik betreut.

Als Versuchsträger dienten Fahrzeuge vom Typ VW Golf II mit 1.6 l - Wirbelkammermotor mit 44 kW und einem Asynchron-Elektromotor/Generator von 7 kW Leistung, eingebaut zwischen Dieselmotor und Getriebe. Verwendet wurden drei Batterietypen: Blei-Gel, Nickel-Cadmium und Natrium-Schwefel. Die Fahrzeuge waren mit einem konventionellen Handschaltgetriebe ausgerüstet, wobei sowohl die

Fahrkupplung als auch die Trennkupplung E-Motor/Dieselmotor automatisch arbeiteten.

Die *Energieverbräuche* der leer zwischen 1200 und 1280 kg (je nach Batterie) wiegenden Fahrzeuge lagen bei rund 5 l Dieselöl pro 100 km und Stromverbräuchen von 7.7 kWh (Blei-Gel) bis 19.2 kWh (Na-S). Nachteilig bemerkbar hat sich bei der Na-S-Batterie die Notwendigkeit gemacht, diese stets auf 300°C halten zu müssen, was einen Stillstandsverlust von etwa 100 W verursachte.

Während des Versuchs wurde auch eine *Schadensstatistik* geführt. Dabei ergaben sich rund 10 Störungen pro 10'000 km und Fahrzeug. Hauptschwachpunkte waren die Ladegeräte, resp. Ladewandler und die Kupplungen und deren Betätigungen.

Akzeptanz: Die Fahrer haben sich rasch an die etwas andere Bedienung gewöhnt. Bemängelt wurden u.a. die zu geringe elektrische Leistung, die ungenügende Heizung und das Fehlen einer Servolenkung.

Der Hybridversuch in der Stadt Zürich und Umgebung durfte als Erfolg gewertet werden. Die Fahrzeuge funktionierten im Allgemeinen gut und erwiesen sich als voll alltagstauglich. Nicht nur durch ihre auffällige Bemalung, sondern auch dank einer erheblichen Medienpräsenz wurde den Fahrzeugen und damit dem Versuch eine beachtliche Aufmerksamkeit zuteil. Den ersten Grossserienhybrid brachte wenige Jahre später allerdings nicht VW sondern Toyota mit dem Prius auf den Markt.

Weitere Informationen:

- http://www.inspire.ethz.ch/news/25_Jahre_Hybrid-Feldversuch_ETH/1_Ruckblick201114_bis_Thomas_Lutz_comp.pdf

Tagung ETH / LAV 20. November 2014, ETH Hönggerberg

PW-Hybride: Lösungen und Potentiale

Patrik Soltic, EMPA

Um den Verbrauch verbrennungsmotorischer PWs zu reduzieren, bieten sich zwei technisch unterschiedliche Lösungsansätze an: die reine Verbesserung des Verbrennungsmotors oder die Hybridisierung des Antriebsstranges. Um die Potenziale dieser beiden Entwicklungs-

schiene zu quantifizieren, kann man einen perfekten Verbrennungsmotor und einen perfekten Hybridantrieb wie folgt definieren: Ein perfekter Verbrennungsmotor hat keinen Verbrennungsverlust, keine Leckage, keine Gaswechselperluste und keine mechanische Rei-

bung. So ein Motor hätte lastunabhängig immer seinen Bestwirkungsgrad, z.B. rund 40 %. Ein perfekter Hybridantrieb würde es ermöglichen, den Verbrennungsmotor entweder in seinem Bestpunkt zu betreiben oder ihn ganz abzustellen. Zudem würde ein perfekter Hybridantrieb sämtliche Bremsleistung wiederverwenden, anstatt an den Bremsen zu „verheizen“. Simuliert man nun Fahrzeuge in den praktisch nicht erreichbaren Varianten „perfekter Verbrennungsmotor“ bzw. „perfekter Hybridantrieb“ sieht man folgendes:

- Das CO₂-Ziel 95 g/km (ab 2021) ist für Mittelklassefahrzeuge mit konventionellen flüssigen Treibstoffen nur mit einem annähernd perfekten Verbrennungsmotor erreichbar. Die Motoren müssen für dieses Ziel also noch deutlich optimiert werden.
- Das CO₂-Ziel 95 g/km ist mit kohlenstoffarmen Treibstoffen (z.B. Erdgas/Biogas) und heutiger Motorentechnologie vergleichsweise einfach erreichbar.

- CO₂-Ziele unter 95 g/km mit konventionellen Treibstoffen sind für Mittelklassefahrzeuge nur noch mit Hybridantrieben erreichbar. Hybridantriebe haben das grössere Verbrauchsabsenkungspotenzial als die Perfektionierung des Verbrennungsmotors. Ein perfekter Hybridantrieb würde für ein Mittelklassefahrzeug von rund 1500 kg zu einem Benzinverbrauch von rund 2.5 l/100km (im Prüfzyklus) führen, dies entspricht rund 60 g CO₂/km.
- Noch tiefere CO₂ Werte lassen sich auf dem Papier durch Bezug von Strom ab Steckdose erreichen, da die CO₂-Intensität der Stromerzeugung in der aktuellen Fahrzeuggesetzgebung ignoriert wird.

Ideal bezüglich Wirkungsgrad und CO₂-Emissionen wären Hybridantriebe, die mit erneuerbarer Energie betrieben werden können.

Weitere Informationen:

- http://www.inspire.ethz.ch/news/25_Jahre_Hybrid-Feldversuch_ETH/4_141120_PW-Hybride_Losungen_und_Potenziale_Patrik_Soltic.pdf

NGV* Stakeholder-Dialog

Christian Bach

Die Diskussion über Gasfahrzeuge erfährt zurzeit aufgrund neuerer Entwicklungen zur Nutzung temporär überschüssiger Elektrizität neuen Schub. Erdgas/Biogasfahrzeuge weisen in der Realität vergleichbare CO₂-Lebenszyklusemissionen auf wie Elektrofahrzeuge, sowohl wenn sie im Betrieb mit fossiler als auch mit erneuerbarer Energie verglichen werden. Diese Umwelt- und Klimapotenziale von Gasfahrzeugen wurden im „NGV Stakeholder-Dialog“ vertieft diskutiert und im Übersichtsbericht „Erdgas/Biogasfahrzeuge im Kontext der Energiestrategie und der CO₂-Gesetzgebung“ zusammengefasst¹.

Erdgas/Biogasfahrzeuge haben in den letzten zehn Jahren einen Wechsel von umgerüsteten Benzinfahrzeugen auf moderne Fahrzeuge mit turboaufgeladenen Verbrennungsmotoren erlebt. Aufgrund der hohen Klopfestigkeit des Treibstoffs von bis zu 130 Oktan (im Vergleich zu 95 oder 98 Oktan bei Benzin) weisen sie im Gasbetrieb teilweise gar höhere Leistungen auf als im Benzinbetrieb. Sie erreichen heute im Gasbetrieb Reichweiten von 400 – 500 km und sie haben alle auch einen Benzintank, der

die Gesamtreichweite stark erhöht. Gasfahrzeuge sind somit insbesondere für Vielfahrer interessant – nicht zuletzt auch aufgrund der deutlich niedrigeren Treibstoffkosten.

Ein grosser Vorteil liegt in der einfachen Beimischbarkeit von biogen oder synthetisch (d.h. aus temporär überschüssigem Strom und CO₂) erzeugtem Methan. Abschätzungen zeigen, dass die Hälfte der bis 2050 erwarteten temporären Stromüberschüsse im Sommerhalbjahr ausreichen, um mehrere 100'000 Fahrzeuge mit einheimischen CO₂-neutralen Treibstoffen zu versorgen. Das können Elektro-, Wasserstoff- oder Gasfahrzeuge sein. Während bei Elektro- und Wasserstofffahrzeugen höhere Wirkungsgrade realisiert werden können (ca. 80 % für Batteriespeicher, ca. 70 % für Wasserstoff- und ca. 50 % für Methanherstellung), ist bei Gasfahrzeugen aufgrund der grossen Speicherkapazität im Gasnetz ein ganzjähriger Betrieb mit gespeicherter, erneuerbarer „Sommer-Energie“ möglich.

Untersucht wurden auch wirtschaftliche Aspekte. Die Gasmobilität ist heute (mit Mineralölsteuerentlastung) ab ca. 150 Kfz pro Tankstelle in der gesamten Kette wirtschaftlich, ohne Steuerentlastung ab ca. 400.

Aktuell sind 10'000 Erdgas/Biogasfahrzeuge und 140 Tankstellen in Betrieb (d.h. 71 Kfz/Tankstelle).

* Natural Gas Vehicles

Weitere Informationen:

¹ Zu finden unter www.empa.ch/abt504, Rubrik: Publikationen 2014
- <http://www.ngv.ch/>

Erste Brennstoffzellen-Serienfahrzeuge ab 2015 in der Schweiz

Nicholas Blattner, Hyundai Suisse

Hyundai lieferte im Juni 2013 die europaweit ersten mit Wasserstoff angetriebenen ix35 Fuel Cell Serienfahrzeuge an die Stadt Kopenhagen. Die 15 Fahrzeuge wurden anlässlich der Eröffnung der ersten Wasserstoff-Tankstelle Dänemarks ausgehändigt. Der Hyundai ix35 Fuel Cell stösst keinerlei schädliche Abgase aus, sondern ausschliesslich Wasserdampf. Hyundai ist davon überzeugt, dass Wasserstoff als Treibstoff in Europa eine Zukunft hat. Seit Hyundai Motor Company 1998 die Forschungs- und Entwicklungsprogramme im Bereich des Wasserstoffantriebs startete, zählt dieser südkoreanische Automobilhersteller weltweit zu den Technologieführern in diesem Fachbereich.

Als Antrieb dient dem Hyundai ix35 Fuel Cell ein 100 kW Elektromotor, der eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h ermöglicht. Zwei auf Höhe der Hinterräder eingebaute Speicher fassen insgesamt 5,64 kg Wasserstoff, was eine Reichweite von knapp 600 km ergibt. Das vollständige Auftanken dauert lediglich 3 bis 4 Minuten. Es wurde auch bereits ein neuer Reichweitenrekord für serienmässig hergestellte Fahrzeuge mit Wasser-

stoffantrieb erzielt. Mit einer einzigen Tankfüllung gelang die Durchquerung von drei Ländern auf einer Distanz von 700 Kilometern. Die Reise mit dem Hyundai ix35 Fuel Cell führte von Oslo (N) über Göteborg (S) und Kopenhagen (DK) nach Malmö (S). Die Fahrt im Stadt-, Überland- und Autobahnverkehr dauerte rund zehn Stunden bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 76 km/h. Die erzielte Distanz mit nur einer Wasserstoff-Tankfüllung zeigt das Potenzial, das in dieser Technologie steckt. Und sie zeigt die technische Reife, die Machbarkeit und die Alltagstauglichkeit des Hyundai ix35 Fuel Cell auf. Dabei handelt es sich eigentlich um ein Elektrofahrzeug, das dank dem Antrieb mit Wasserstoff eine hohe Reichweite erzielt.

Hyundai ist der erste Automobilhersteller, der Brennstoffzellenfahrzeuge in einer Serie produziert und wird auch weiterhin den Ausbau des europäischen Wasserstoff-Tankstellennetzes unterstützen. Dazu plant Hyundai Suisse in Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut EMPA die schweizweit erste 700 bar-Tankstelle auf dem Gelände der EMPA in Dübendorf im Herbst 2015.

Weitere Informationen:

- [CPH 2025 Climate Plan](#)
- <http://www.hyundai.ch/de/model/ix35-fuel-cell.html>

In Kürze

- Die Zahl der Euro-VI-LKW in der Schweiz steigt stark an, es sind bereits mehr als 60'000 Fahrzeuge im Verkehr. Grund dafür dürfte die zehnpromtente Steuerreduktion der LSVA sein.
- Obwohl eine weitere Verschärfung der Euro-VI-Vorschriften nicht diskutiert wird, steht eine indirekte Verschärfung an, indem der Kaltstart und ein PEMS-Programm (Portable Emission Measurement System) in die Messvorschriften integriert werden soll.
- Die Arbeiten für die Emissionsvorschriften der Stufe 5 für Non-Road-Geräte und -Maschinen (Traktoren, Ernte-Maschinen usw.) sind weit fortgeschritten. Sie werden ähnlich wie die Euro-VI-Vorschriften für schwere Nutzfahrzeuge ausfallen. Der

Partikelfilter wird wegen des Partikelanzahl-Grenzwertes zwingend zur Anwendung kommen müssen. Ebenfalls Emissionsmessungen im praktischen Betrieb (PEMS) werden voraussichtlich vorgesehen. Mit dem Abschluss dieser Emissionsvorschriften für den Non-Road-Bereich sind alle schweren Dieselmotoren „unter Dach und Fach“.

- Insbesondere die Praxismessungen von CO₂-Emissionen (RDE, Real Driving Emissions) ergeben für die PW z.T. deutlich schlechtere Werte als die Prüfstandsmessungen (NEFZ), bei denen die Grenzwerte eingehalten werden. Das Thema wird uns in Zukunft weiter beschäftigen.

Veranstaltungen und Termine

25. Feb. 2015 Nachmittagstagung EMPA Dübendorf
Power-to-Gas
<http://www.empa.ch/plugin/template/empa/22/151032/---/l=1>
30. Juni 2015 5th EUROPEAN PEFC & H2 FORUM, KKL Luzern
Brennstoffzellen; Wasserstoff
<http://www.efcf.com/index.php?id=1237>
17. Sept. 2015 SSM/SAE-Switzerland-Tagung 2015, Campus Sursee
Arbeitstitel: Synthetische Treibstoffe
(Anmeldeinformationen folgen im Juni 2015)