

Überblicksbericht 2010

Forschungsprogramme Rationelle Energienutzung im Verkehr & Akkumulatoren



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN

Titelbild:**REX – ein sehr sparsames Elektromobil mit Reichweitenverlängerung durch einen hoch effizienten, kleinen Verbrennungsmotor**

Die Burgdorfer Firma Swissauto entwickelte für einen VW Polo ein Antriebskonzept mit einem elektrischen Antrieb der Firma Brusa, Sennwald. Der in Serie geschaltene 1-Zylinder-4-Takt-Verbrennungsmotor, mit einem Hubraum von weniger als 300 cm³ wurde speziell für das Projekt entwickelt. Neben diesen motorischen Hauptmassnahmen wurde u.A. auch der Luftwiderstandsbeiwert des Fahrzeugs deutlich verbessert.

BFE Forschungsprogramme Rationelle Energienutzung im Verkehr & Akkumulatoren
Überblicksbericht 2010**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern

Programmleiter BFE (Autor):

Martin Pulfer, Bundesamt für Energie (martin.pulfer@bfe.admin.ch)

Bereichsleiter BFE:

Martin Pulfer (martin.pulfer@bfe.admin.ch)

www.bfe.admin.ch/forschungsverkehr ; www.bfe.admin.ch/forschungakkumulatoren

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Einleitung

Der Verkehr ist mit 33,4 % des Gesamtbedarfs der grösste Energieverbraucher in der Schweiz. Von 1997 bis 2008 ist der Gesamtenergiebedarf der Schweiz um gut 10 %, derjenige des Verkehrs aber um 15 % gestiegen. Die Gründe für die Zunahme des Verbrauchs im Verkehrsbereich sind:

- die steigende Bevölkerungszahl;
- das Anwachsen des Anteils der das Automobil nutzenden Bevölkerung;
- die steigende Motorisierung und der Trend zu schwereren, komfortableren Personenwagen;
- die steigende Verkehrsleistung bei praktisch allen Verkehrsmitteln;
- die vermehrte Staubbildungen;
- die verlängerte Freizeit und dadurch ein erhöhter Freizeitverkehr.

Der Hauptverbraucher im Verkehr ist das Automobil. Dieses wird von der Industrie bezüglich Verbrauch, Emissionen, Sicherheit und auch Komfort laufend und teilweise massiv verbessert. Diese Grössen sind jedoch stark konkurrenzierend. Gleichzeitig neigt das Kaufverhalten der Autokäufer immer noch zu leistungsstärkeren, grösseren und schwereren Fahrzeugen und/oder die Käufer werden mit der Werbung und der Beratung in ihrem Kaufverhalten beeinflusst. Teilweise konjunkturell bedingt, aber auch durch die Anstrengungen der Automobilindustrie (Verbrauchsvorschriften der EU und der Schweiz), wurde dieser Trend seit 2008 gebrochen und der mittlere Verbrauch der Neuflotte sank in den vergangenen Jahren von 8,4 l/100 km im Jahre 2000 auf 6,62 l/100 km im Jahr 2010.

IEA-Klassifikation: 1.3 Transport

Schweizer Klassifikation: 1.2 Verkehr

Programmschwerpunkte

Das Forschungsprogramm Verkehr untersucht Ansätze und Massnahmen zur Absenkung des Energieverbrauchs, insbesondere beim Hauptverbraucher, dem motorisierten Individualverkehr. Dadurch soll der Energieverbrauch und generell die Umweltbelastung abgesenkt, sowie der Industrie- und Bildungsstandort Schweiz gestärkt werden. Eine Verringerung des Energieverbrauchs beim Individualverkehr wird vor allem mit folgenden Ansätzen angestrebt:

- Leichtbau von Fahrzeugen;
- hoch effiziente Antriebssysteme;
- kleine Verkehrssysteme, wie z.B. E-Bikes.

Das Forschungsprogramm verfolgt als Hauptziel die längerfristige Absenkung des Energieverbrauchs des Verkehrs. Dabei hält er sich an die vom Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) vorgegebene Nachhaltigkeitsstrategie. Die Hauptziele lauten:

- Energiebedarf und CO₂-Emissionen der Transportmittel für den motorisierten Individualverkehr (MIV) senken;
- CO₂-Emissionen reduzieren durch Transportmittel mit alternativen Treibstoffen und/oder höherer Effizienz, und der Verlagerung zu kleineren Transportsystemen oder dem öffentlichen Verkehr;
- die Graue Energie des Systems «Verkehr» senken.
- eine Diversifizierung der Energieträger, welche die Abhängigkeit vom Erdöl vermindert und die zeitliche Reichweite desselben verlängert;

Daneben werden aber auch die folgenden Ziele verfolgt:

- generell sämtliche Emissionen inkl. Lärm des motorisierten Individualverkehrs (MIV) senken;
- die Sicherheit trotz reduzierter Fahrzeugmasse verbessern;
- den Raumbedarf des MIV mindern;
- den Industriestandort und Bildungsstandort Schweiz stärken.

Wieso Energieforschung im Verkehr und wieso in der Schweiz?

- Der Verkehr ist im Vergleich zu den andern Verbrauchergruppen der grösste Energieverbraucher und weist ein riesiges Einsparpotenzial auf.
- Eine Verbesserung/Innovation bei der Fahrzeugtechnik setzt sich relativ rasch, innerhalb von 10 bis 20 Jahren, auf die gesamte Fahrzeugflotte durch (Lebenszyklus Auto).
- Schweizer Forschungs- und Entwicklungsteams arbeiten an der Weltspitze mit und setzen markante Meilensteine. Diese Teams können wegen dem Fehlen einer eigenen Autoindustrie freier arbeiten und neue Wege beschreiten.
- Der Verkehr setzt in der Schweiz pro Jahr ca. 6 Mio. Tonnen Erdölprodukte, entsprechend einem Importwert von ca. 6 Mrd. CHF, mit einem bescheidenen Wirkungsgrad um. Bei einer Wirkungsgradverbesserung von nur 10 % würde sich die Handelsbilanz der Schweiz um 600 Mio. CHF verbessern. Eine weitere Verbesserung in der gleichen Grössenordnung könnte zusätzlich durch ein konsequentes Fahren im Eco-Drive-Fahrstil erzielt werden.
- Die Reduktion der Fahrzeugmassen besitzt durch den «Schneeball-effekt» eine gute Hebelwirkung: leichteres Fahrzeug ergibt leichteren Motor, leichtere Bremsen, leichtere Reifen, etc.
- Verkehr erzeugt immense externe Kosten.
- Die Kapazität des Schweizer Strassennetzes stösst an ihre Grenzen. Energieverpuffende Staus sind eine der ungeliebten Folgen.
- Die Schweizer Industrie beschäftigt aktuell ca. 34'000 Personen in der Autozulieferindustrie und erzielt einen Jahresumsatz von ca. 16 Mrd. CHF. Dazu ist die ebenfalls unterstützte Industrie «Öffentlicher Verkehr» zu zählen, die einen geschätzten Umsatz von ca. 2 Mrd. CHF erzielt und ungefähr 1'200 Mitarbeiter beschäftigt (z. B. bei Carrosserie Hess und Stadler Rail Mitarbeiter).

- Die Schweiz, die bekanntlich keinen Automobilhersteller beheimatet, verfügt dank dem Automobilsalon in Genf immer noch eine gute Signalwirkung.

Das angrenzende und sehr kleine Forschungsprogramm *Akkumulatoren* verfolgt folgende Forschungsschwerpunkte:

Möglichkeiten zur verbesserten elektrochemischen und elektrostatischen Energiespeicherung. Der aktuelle Fokus liegt bei der Zebra-Batterie, einem seit 1999 in der Schweiz ansässigen Akku-System mit sehr hoher Energiedichte, nahe der Marktreife und einem weiterhin vorhandenen grossen Verbesserungspotenzial. Der Grund für diese Fokussierung liegt darin, dass die Schweiz neben diesem System nur eine sehr kleine Industrie für Lithium-Akkumulatoren, dem Hauptthema in der Akkuforschung, verfügt und das mit einem marginalen Forschungsbudget die Forschung in wichtigen Industrienationen wie Japan, USA, China, Korea, BRD und Frankreich (je mit Mia.-Budget) nicht erfolgreich konkurrenzieren kann.

Highlights 2010

Pneumatischer Hybrid der ETH Zürich: Effizienzsteigerung durch Downsizing, Agilität durch pneumatische Unterstützung

Die ETH Zürich entwickelt am Institute for Dynamic Systems and Control (IDSC) einen pneumatischen Hybridantrieb. Der stark verkleinerte Verbrennungsmotor wird mit einem Turbolader aufgeladen. Zur Überbrückung des sogenannten Turbolochs wird Druckluft verwendet. Auf dem dynamischen Prüfstand konnten Einsparungen von bis zu 35 % gegenüber ca. 5 Jahre alten Antriebskonzepten und ca. 25 % gegenüber aktuellen Antrieben (Modelljahr 2008 resp. 2009) nachweisen.

Die Anstrengungen der Forschungsgruppe um den pneumatischen Hybridmotor lagen im Berichtsjahr in der Untersuchung und Verbesserung des dynamischen Ansprechverhaltens mittels des Boost-Modus.

Hubvolumen-Reduktion bei gleichzeitiger Aufladung mit einem Turbolader ist ein bekanntes Konzept, um den Kraftstoffverbrauch zu reduzieren. Kleine aufgeladene Verbrennungsmotoren haben bei tiefen Drehzahlen einen verzögerten Drehmomentaufbau, das sogenannte Turboloch. Dieses verzögerte Ansprechverhalten ist äusserst unbeliebt beim Kunden und führt zu einer geringen Marktakzeptanz von kleinen aufgeladenen Verbrennungsmotoren. Ursache für das Turboloch ist das temporäre Fehlen von Luft auf der Einlassseite. Aufgrund der Trägheit des Turbolader-Rotors kann der Einlassdruck und demzufolge auch das Drehmoment nicht verzögerungsfrei erhöht werden. Der Boost-Modus löst dieses Problem durch zusätzliches Einbringen von Luft in den Zylinder über das Ladeventil. Nur dank diesem Modus ist ein starkes Downsizing ohne Einbussen der Fahrdynamik erst möglich.

Bis anhin wurde angenommen, dass das Ladeventil vollvariabel sein muss. Einem vollvariablen Ventil stehen Fahrzeughersteller aber aufgrund der hohen Kosten und der Komplexität sehr skeptisch gegenüber. Im Berichtsjahr konnte sowohl theoretisch als auch experimentell gezeigt werden, dass mittels eines nockenwellen-getriebenen Ladeventils sowohl Boost-Modus als auch andere Modi realisiert werden

können. Damit ist es nun möglich, mittels bereits existierender Ventiltriebs-Technologien den pneumatischen Hybridmotor zu realisieren, ohne dabei grosse Abstriche bei der Kraftstoffersparnis zu machen.

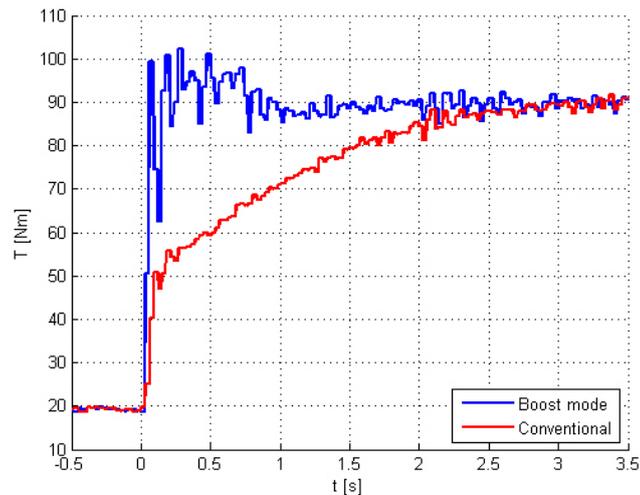
Der Fokus der theoretischen Untersuchung lag auf der notwendigen Ventilauslegung und der Erarbeitung von Regelstrategien. Es konnte ein Auslege-Framework erstellt werden, welches die wichtigsten Parameter miteinander in Verbindung setzt und die vorhandenen Limiten berücksichtigt. Die Realisierung des Boost-Modus mittels Nockenwellen-getriebener Ladeventile wurde zum Patent angemeldet. In Figur 1 sind für eine konstante transferierte Luftmasse verschiedene Parameterkombinationen aufgeführt.

Des Weiteren wurden zwei Regelstrategien entwickelt: Eine für minimalen Zusatz-Luftverbrauch, eine zweite für minimalen Zusatz-Kraftstoffverbrauch. Für die experimentelle Realisierung des Boost-Modus wurde das Verhalten des nockenwellen-getriebenen Ladeventils mit dem vollvariablen Ventil emuliert. Dabei wird das vollvariable Ventil so angesteuert, dass die gleiche Luftmasse transferiert wird, wie beim Nockenwellen-getriebenen Ventil. Es wurde eine Ventilansteuerung entwickelt, welche aus der gewünschten Systemzuständen (Temperaturen und Drücke) die entsprechenden Ventilan-

steuersignale berechnet. Zudem wurde eine Online-Luftmassenschätzung realisiert, welche für die Regelung und die Datenerfassung verwendet wird.

Mittels der Ventilemulation konnten beide oben erwähnten Regelstrategien erfolgreich experimentell bestätigt werden. Nicht nur die Nockenwellen-getriebene Variante profitiert von der neuen Luftmassen-basierten Ansteuerung. Auch die Regelung für den Fall eines vollvariablen Ventiltriebs konnte verbessert werden. Im Vergleich zum Vorjahr konnte der Anwendungsbereich des Boost-Modus deutlich vergrössert werden.

Da mit dem im Vorjahr eingebauten Abgasturbolader bei kleinen Motordrehzahlen stationär nur sehr geringe Drehmomente erzielt werden konnten, wurde die Turbine verkleinert. Im Rahmen dieser Anpassung wurde auch ein neuer Auslasstrakt konstruiert und gefertigt, welcher kürzer ist (weniger Wärmeverluste im Abgas), und bei welchem die Druckluftleitungen besser isoliert sind. Mittels dieser beiden Massnahmen konnte das stationär maximal erreichbare Drehmoment bis auf 8 % den Werksangaben angenähert und somit die nötigen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Realisierung des Boost-Modus geschaffen werden. Figur 2 zeigt die erfolgreiche Turbolochüberbrückung mit dem Boost-Modus bei 2'000 U/min. Das bei einem gewünschten Drehmoment von 90 Nm



Figur 1: Turbolochüberbrückung durch Pneumatik im Boost-Modus: Drehmoment vs. Zeit. Innerhalb weniger als 0,1 s und somit mit einer für den Fahrer nicht mehr merkbaren Verzögerung, ist das volle Drehmoment und damit die volle Leistung verfügbar.



Figur 2: Die effiziente und kompakte Antriebskette des REX besteht aus Elektromotor, Verbrennungsmotor und einem kleinen Ottomotor. Der Akku ist zur besseren Schwerpunktsverteilung nicht in der Frontpartie eingebaut, sondern im Boden des Fahrzeug-Hecks. Diese Masseverteilung verbessert zusätzlich die Fahrzeugsicherheit.



Figur 3: In Anlehnung an die Bionik entwickelt Georg Fischer AG, Schaffhausen, Leichtbaumodule für den Fahrzeug-Leichtbau. Obwohl das R&D-Projekt erst 2008 gestartet worden ist, erzielte GF mit Komponenten, die mit dem Verfahren entwickelt worden sind, im Jahr 2010 bereits einen wesentlichen Anteil am Umsatz.

zwei Sekunden dauernde Turboloch konnte eliminiert werden.

Im Berichtsjahr wurde das Team für seine Ergebnisse mit dem «Watt d'Or» in der Kategorie Mobilität ausgezeichnet. Weiter erhielt das Team den Inspiration Grant der Firma KPMG. Diese Auszeichnungen führten zu einem grossen Interesse von Industriefirmen und Medien.

VW Polo REX: 100 km-Autonomie durch den Li-Ion-Akku, weitere Distanzen mit dem Range Extender (REX)

Mit dem Projekt «Range Extender» hat sich Swissauto aus Burgdorf das Ziel gesetzt, ein optimales und nachhaltiges Antriebskonzept für den stadtnahen Bereich darzustellen, welches den Nutzer möglichst wenig im Alltagsbetrieb einschränken soll. Es wurde nach einer Lösung gesucht, welche ergänzend zum Elektroantrieb die Speicherproblematik der Batterie deutlich reduziert und trotzdem die gesamten Vorteile des reinen Elektroantriebs vollumfänglich nutzen kann.

Das Fahrzeug soll eine ausgezeichnete Energiebilanz aufweisen und mit bestmöglichen Wirkungsgraden betrieben werden können, um gesamthaft die Ressourcen zu schonen und die CO₂ Problematik entschärfen zu können.

Für den Agglomerationsbereich ist der Elektroantrieb aufgrund seines sehr hohen Wirkungsgrades und des

optimalen Drehmoment-Charakters bei tiefen und mittleren Geschwindigkeiten kaum von anderen Konzepten zu schlagen. Erst bei höheren Fahrgeschwindigkeiten wird ein rein mechanischer Antrieb mit Verbrennungsmotor effizienter. Da aber die meisten Strecken im Stadtbereich mit Geschwindigkeiten von durchschnittlich weniger als 35 km/h zurück gelegt werden, stellt die Elektrifizierung des Antriebs die beste, rasch am Markt in Verkaufsvolumen umsetzbare Antriebslösung dar.

Trotz intensiver Forschung auf dem Bereich der Energiespeicher kann bis heute elektrische Energie noch nicht kostengünstig in ausreichender Menge im Fahrzeug gespeichert werden. Das Ziel war es daher, die beste Möglichkeit zu suchen, den Strom nach Bedarf im Fahrzeug zu erzeugen und die Batterie Netzunabhängig nachladen zu können. Aus Sicht von Swissauto ist ein Range Extender die ideale Lösung, um dem elektisch angetriebenen Auto den Markteinstieg zu ermöglichen, zumindest bis im Bereich der Batterie neue Lösungen bezüglich Kosten, Gewicht und Energiedichte gefunden werden.

Heute befinden sich weltweit bereits verschiedene Lösungsansätze in Entwicklung. Diese werden aber wenig konsequent verfolgt und umgesetzt. In den meisten Konzepten werden aufgrund des Zeithorizonts und der Entwicklungsaufwendungen zu grosse Kompromisse eingegangen, und die Vorteile dieser Antriebssysteme werden nicht genügend genutzt.

Wie im heutigen Motorenbau bereits intensiv verfolgt und teilweise umgesetzt, spielt auch beim Range Extender (REX) die Hubraumreduktion eine wichtige Rolle. Nur so kann der Motor über weite Betriebsbereiche in seinen besten Wirkungsgraden betrieben werden.

Aus diesen Gründen hat sich Swissauto für einen Einzylinder-Verbrennungsmotor entschieden, welcher mit speziellen Massnahmen auf die Anwendung im REX optimiert wurde. Beim Elektroantrieb hat Swissauto ein als Prototyp bestehendes System der Firma Brusa gewählt, welches für seine guten Wirkungsgrade bekannt ist. Der Antrieb besteht aus einem 85 kW starken Elektromotor mit einem Untersetzungsgetriebe und einem Differential, welches mit den Antriebswellen auf die Vorderräder gekoppelt ist. Der Generator wurde ebenfalls von Brusa in Zusammenarbeit mit Swissauto entwickelt und an den Verbrennungsmotor direkt angebaut. Die Batterie besteht aus 96 Lithium-Ionen-Zellen von Kokam, welche von Brusa konfektioniert und mit einem Batteriemanagement versehen wurde. Das Paket verfügt eine Kapazität von nutzbaren 12 kWh, was eine Reichweite von ca. 100 km für einen Kompaktwagen der Polo-Klasse ermöglicht. Das Versuchsfahrzeug selber wurde aerodynamisch überarbeitet und der Fahrwiderstand wurde gegenüber dem Originalfahrzeug deutlich reduziert. Für den effizienten Betrieb des REX und des Gesamtfahrzeugs wurde eine Betriebsstrategie entwickelt, aus welcher ein möglichst hoher Kunden-



Figur 4: Das Forschungsprojekt E'Scooters der IKAÖ der Uni Bern, in Zusammenarbeit mit der EMPA, dem PSI und e'mobile erforscht das Umfeld dieser Mobilitätsform und arbeitet erfolgreich mit NewRide zusammen. Für die nähere Zukunft ist für die E'Scooters ein Markterfolg zu erhoffen. Vom Volumen wird dieser aller Wahrscheinlichkeit nicht so bedeutsam sein, wie der, der E-Bikes. Immerhin wurden in der Schweiz aber 2010 ca. 900 E-Scooters abgesetzt, die Mehrheit dabei an den Flottenbetreiber Mobility Solutions, dem Flottenbetreiber der Post. Quantya SA, Paradiso, TI, konnte 2010 bereits mehrere 100 qualitativ hochstehende und damit teure E-Scooters ins Ausland exportieren.

nutzen resultierte. Diese beinhaltet eine einfache Bedienstrategie für den Fahrer und eine effiziente Nutzung der Brems-Rekuperation bis zu einer Leistung von 32 kW.

Leichtbau durch Bionik-Simulation

Georg Fischer AG, Schaffhausen, erforscht im Projekt «Leichtbau im Automobil mit Hilfe von Bionik-Simulation» Ansätze und Methoden die Konstruktion von Baugruppen mit reduzierter

Masse. Die Gewichtsreduktion gegenüber Fahrzeugkomponenten in Guss war auch im Jahr 2010 das treibende Thema für das Forschungsprojekt. Nach wie vor zeigen sich in den Lastenheften der Entwicklungsprojekte wachsende Ansprüche in Richtung Steifigkeit und Festigkeit. Gleichzeitig sinken jedoch die Zielgewichte der Komponenten. Dieser Zielkonflikt kann mittels der Bionik zumindest entschärft und die generelle Machbarkeit in einer frühen Phase geprüft werden.

Nachdem 2009 diverse neue Verfahren erprobt und validiert wurden, war es das Ziel, diese Methodik nachhaltig in Projekten weiter zu entwickeln. Es zeigt sich, dass die verschiedenen Ansätze spezialisiert auf bestimmte Problemstellungen angewendet werden müssen. Ein einzelnes Standardprogramm für alle Aufgaben wird nicht zielführend sein.

Es haben sich weiterhin die Parameter freien Optimierungswerkzeuge als nützliches Hilfsmittel am Beginn der Bauteil-Entwicklung bewährt. Dieses Hilfsmittel ermöglicht es, die besten Lastpfade in einem vorgegebenen Bauroum zu identifizieren und hilft somit die leichtest-möglichste Struktur für eine Komponente schnell zu finden. Da in dieser Phase der Raum nur sehr grob beschrieben ist und damit die genaue Architektur des Bauteils noch unklar ist, können über das Parameter freie Verfahren sehr einfach und effek-

Motor	: 1 Zylinder 4 Takt mit einer Ausgleichswelle
Kühlung	: Wasser-gekühlt mit integrierter Wasserpumpe
Motorengehäuse	: Druckguss Aluminium
Zylinder	: Aluminiumguss mit Nikasil-Beschichtung
Bohrung/Hub	: 77 / 64 mm
Hubraum	: 300 cm ³
Verdichtung	: 13 : 1
Leistung	: 26 kW bei 7'500 RPM
Spezifischer Verbrauch	: Bestpunkt bei 230 g/kWh; < 255 g/kWh in allen Betriebspunkten
Zylinderkopf	: 4 Ventile pro Zylinder mit zwei oben liegenden Nockenwellen
Kurbelwelle	: Stahl-geschmiedet, Rollen-gelagert
Kolben	: Aluminium-geschmiedet
Pleuel	: Stahl geschmiedet, rollengelagert
Schmiersystem	: integrierter Trockensumpf, drucklos mit Gehäusemembranpumpe
Motorsteuerung	: Saugrohreinjektion mit elektronischer Drosselklappe
Abmessungen	: L/B/H = 465/165/430 mm
Gewicht Rumpfmotor	: 18 kg
Generator	: integrierter Permanentmagnet Motor mit 30 kW
Wirkungsgrad	: Generatorwirkungsgrad = 96 %
Gewicht REX-System	: 38 kg
Antriebsmotor	: IPM Synchronmotor mit 87 kW
Getriebe	: Getrag, 2-stufig, Gesamtübersetzung 8:1
Batterie	: Li-Ion, Kokam-Zellen, Brusa Managementsystem
Kapazität	: 14 kWh, davon Nutzbereich von 12 kWh
Spannungsbereich	: 315 bis 395 Volt
Gewicht	: 135 kg
Demonstratorfahrzeug	: 2010 VW Polo
Beschleunigung 0-100	: Sportmodus: 8 s; Eco Modus: 12,5 s
Höchstgeschwindigkeit	: 160 km/h
Gewicht	: 1'245 kg
C _w -Wert	: 0,28 (durch diverse Massnahmen optimiert) (Polo orig: 0,32)

Tabelle 1: Systemmerkmale und technische Daten des VW Polo REX.

tiv neue Strukturen gefunden werden. Durch Ausbau der Methodik gelang es, die Parameteroptimierung auch für komplexere CAD-Strukturen anzuwenden.

Die regler- und sensitivitätsbasierte Topologie- und Shapeoptimierung erlaubt in einer zweiten Phase bereits entwickelte CAD-Geometrien weiter zu optimieren. Hierbei können Teilbereiche einer Komponente – wie zum Beispiel Hohlbereiche oder Anbindungen – im Detail optimiert werden. Somit kann zum Beispiel sehr effektiv die Lebensdauer kerbspannungsbehafteter Bauteile schnell und ohne wesentliches Mehrgewicht erhöht werden. Ist eine vorgegebene Steifigkeit das Ziel, so lässt sich auch dies mit minimalem Zeitaufwand erreichen. Nichtlineare Problemstellungen können nun durch die Strukturoptimierung ebenfalls bearbeitet werden.

Auch die Parameteroptimierung ist als dritte Methode ein sehr gutes Werkzeug, um bereits bestehende Strukturen zu verbessern. Dabei können bevorzugt überschaubare Teilbereiche, welche sich durch eine begrenzte Anzahl von Parametern beschreiben lassen, optimiert werden. Hieraus können Lösungen gefunden werden, welche sonst mittels der kontinuierlich ablaufenden Strukturoptimierung nicht zu entdecken gewesen wären. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass das Ergebnis bereits als fertige CAD-Geometrie vorliegt. Die Struktur muss also nicht wie bei der Strukturoptimierung nachmodelliert werden.

Durch weitere interne Schulungen konnte die bereits erarbeitete Methodik und Herangehensweise an die Mitarbeiter der Abteilung Produktentwicklung weitergegeben werden. Diese wird weiterhin in breiter Anwendung in Entwicklungsprojekten durchgängig eingesetzt und genutzt.

E-Scooter

Das interdisziplinäre Forschungsprojekt «E-Scooter» der Arbeitsgemeinschaft Uni Bern/IKAÖ, Empa und e'mobile hat zum Ziel, einen Beitrag zur technischen Weiterentwicklung von Scootern mit elektrischem Antrieb (E-Scooter) zu leisten, die Markteinführung dieser neuen Fahrzeuge wissenschaftsseitig zu unterstützen und ihre Auswirkungen auf Energie, Umwelt und Mobilitätsverhalten zu analysieren. Das Pro-

jekt wird von den beiden UVEK-Ämtern ASTRA (Strassen) und BFE unterstützt.

Im September 2010 fand der erste Workshop des Forschungsprojekts «E-Scooter» in St. Gallen statt. Den rund 50 Fachleuten wurden im Rahmen von vier Sessions erste Zwischenergebnisse aus den Themenbereichen Ladeinfrastruktur, Sicherheit, Verbrauchsmessungen und Ökobilanzierung präsentiert. Ergänzt wurde der Workshop mit einer E-Scooter-Ausstellung und einem Schaulaufen für die Öffentlichkeit, sowie mit der Einweihung einer solaren Ladestation bei der Empa.

Die Analyse der Marktentwicklung zeigt, dass die Absätze der Schweizer Anbieter 2010 hinter den Erwartungen zurückblieben, abgesehen von 1'000 Cargo-Scootern, welche die Schweizer Post beschafft hat. Dies hat diverse Gründe: hohe Anschaffungskosten, ungenügende Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h, Lieferschwierigkeiten, mangelndes Engagement der Wiederverkäufer. Die empirische Forschungsliteratur bestätigt, dass die Diffusion von E-Scootern, neben dem höheren Kaufpreis, auf zahlreiche weitere Hindernisse stösst (u. A. Reichweite, Akkulebensdauer, rare öffentliche Ladestationen und Image). Die Erfahrungen aus anderen Ländern deuten darauf hin, dass beispielsweise Subventionen alleine keine ausreichende Markteinführungsstrategie für E-Scooter sein dürften.

Im Bereich «Ladestationen» wurden 2010 weitere Fortschritte erzielt: verschiedene Städte haben gedeckte Zweirad-Abstellplätze bei Gemeindefliegenschaften mit einfachen Aussensteckdosen installiert. In diesem Jahr wurden auch die Arbeiten zum Thema «Sicherheit» aufgenommen und dabei E-Scooter-spezifische Aspekte (z.B. Geräuschlosigkeit, elektrotechnische Gefahren) definiert und untersucht.

2010 wurden verschiedene Fördermassnahmen analysiert: An der Sonderschau «E-Scooter» der Swiss-Moto 2010 wurde eine Befragung der Aussteller während und nach der Messe durchgeführt. Die Empfehlungen des Evaluationsberichts sind bereits in die Vorbereitung der Swiss-Moto 2011 eingeflossen. In einer gesonderten Befragung wurden die Langzeitwirkungen einer Probefahrt mit einem E-Scooter analysiert. 86 % der 86 Befragten glauben, dass E-Scooter in den nächsten fünf bis zehn Jahren den

Durchbruch auf dem Markt schaffen werden. Weiter wurde ein Papier über Erfahrungen mit finanziellen Anreizen im Verkehr und in verwandten Bereichen im In- und Ausland fertig gestellt. Dabei wurden die Wirkungsmechanismen verschiedener Arten von finanziellen Anreizen analysiert und ihre Vor- und Nachteile erörtert. Aus der Literaturanalyse konnten Empfehlungen für die weitere E-Scooter-Förderung abgeleitet werden.

Das Öko-Inventar für eine moderne Lithium-Batterie wurde erstellt und publiziert. Eine typischerweise in Elektrofahrzeugen eingesetzte Batterie wurde detailliert analysiert bezüglich Materialien und Herstellungsprozessen während des gesamten Lebenswegs. Das Inventar konnte in der weltweit grössten Ökoinventar-Datenbankecoinvent v2.2 integriert werden und steht so einem breiten Publikum zur Verfügung. Im Arbeitspaket «Verbrauchsmessung» wurde eine einfache, kostengünstige und allgemein anwendbare Methode entwickelt. Sie verzichtet auf die Verwendung von Rollenprüfständen und ist mit einer minimalen, temporären Nachrüstung für elektrische Messtechnik in kurzer Zeit durchführbar. Die Methode erlaubt es, E-Scooter in ihrer Fahrleistung und Reichweite zu vergleichen.

2010 wurde die Detailplanung des Querschnittspakets «Nutzerbefragung» ausgearbeitet, die Befragungstools (Fragebogen und Tagebuch) erstellt und mit der Untersuchung der Käufer begonnen. Die Untersuchung der E-Scooter-Nutzer kommt nur zögerlich voran, da zurzeit trotz der finanziellen Fördermassnahmen von sieben Schweizer Städten nur wenige E-Scooter gekauft werden. Das Forschungsteam ist nun daran, gemeinsam mit den verschiedenen Akteuren weitere Massnahmen für die Diffusion von E-Scootern zu formulieren und im kommenden Jahr umzusetzen.

Akkumulatoren

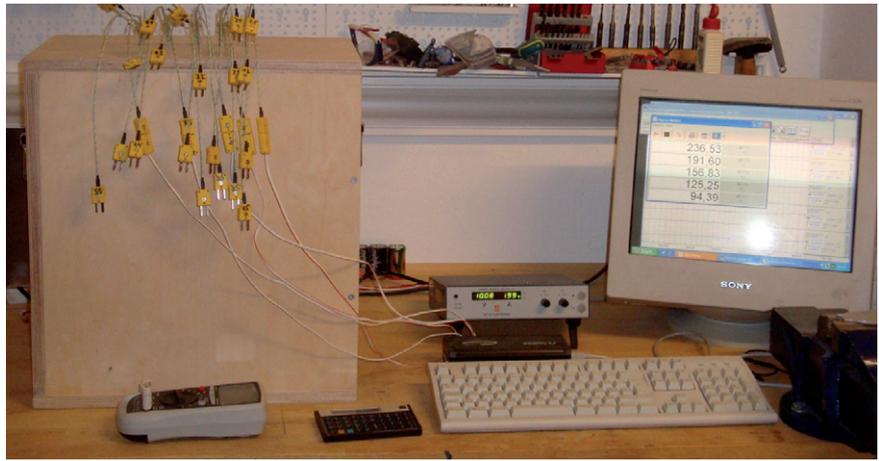
Im Projekt ABLIM der KWO mit den Projektpartnern HTI Bern, ABB, Supsi und Battery Consult wird ein Lebensdauermodell für NaNiCl₂-Zellen (ZEBRA) aufgestellt. Mit diesem Modell sollte es möglich werden, die Lebensdauer von ZEBRA-Batterien in Elektroautos besser vorhersagen zu können und Hinweise zu erhalten, wie solche Zellen weiter

entwickelt werden sollen, damit sie eine höhere Lebenserwartung erreichen. Das wiederum soll die ZEBRA-Batterien wirtschaftlicher und zuverlässiger machen.

Aktuell sind 8 Modulteststände in Betrieb: Einer bei der BFH-TI Biel, 3 bei der KWO und weitere 4 bei der ABB in Dättwil. Der Einbezug von ABB hat das Projekt positiv belebt und die gemeinsamen Diskussionen haben wesentliche Verbesserungen der Testprozedur zur Folge gehabt. Das (noch nicht fertig entwickelte) Lebensdauermodell wird mit Messdaten aus den mittlerweile 8 Zelltestständen gespeist. Weil nun acht Module unter 80 % Energiekapazität (=Grenzwert für die Nutzung im Automobil) gefallen sind, kann das theoretische Lebensdauermodell mit den Laboraten kalibriert werden.

Ab nächstem Jahr kann das Lebensdauermodell mit Daten aus dem Betrieb von Elektroautos kalibriert werden. Die dafür notwendigen CAN Data Logger (CDL) wurden bestellt, können aber wegen Lieferverzögerungen (Chips) erst Mitte Januar 2011 geliefert werden. Die CDL werden dann sofort in die Autos mit Mietbatterien eingebaut.

Battery Consult GmbH erstellte eine Potenzialstudie für Zebra-Akkus. Batterien für Elektrofahrzeuge werden durch spezifische Leistung (Ziel: 500 W/kg) und spezifischen Energieinhalt (Ziel: >200 Wh/kg) charakterisiert. Diese Zielwerte können zur Zeit mit NaNiCl₂-Batterien (ZEBRA) nicht erreicht werden, wodurch die anderen günstigen Eigenschaften wie Sicherheit, Potenzial für niedrige Kosten von 150 €/kWh und das einfache Recycling in den Hintergrund geraten sind. Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass diese Zielwerte mit der gegenwärtigen Zellkonstruktion in der Tat nicht erreichbar sind. Die theoretische spezi-



Figur 5: Anordnung zur Messung der thermischen Leitfähigkeit von Batterie-Zellen Typ ML3, jede der 5 thermisch in Serie angeordneten Zellen ist mit 5 Thermoelementen ausgestattet, so dass ein 2-dimensionales Temperaturprofil gemessen werden kann.

Table 2 Chemistry Data	unit	LiCoO ₂	LiFePO ₄	Na ₂ S ₅	NaNiCl ₂	Comments
Anode Material		Li	Li	Na	Na	
Anode Standard Potential	V	3,01	3,01	2,71	2,71	
Anode Mat. Spec. Energy	Wh/g	11,7		3,16		
Anode Material Cost	€/kg	35		0,53 ¹	0,12 ²	¹ metal, ² salt
Theoretical Specific Energy	Wh/kg	647	375	542	790	C included
		1122	543			C not included
Practical Specific Energy 25% of theoretical assumed	Wh/kg	162/280	94/136	136	198	C incl./not incl.
Open Circuit Voltage	V	4,1	3,2	2,08	2,58	
Mol Weight	g	169,9	229,7	206,3	175,6	C included
		97,9	157,8			C not included
Abundance Earth	ppm	Li 17	Fe 56000	Na 23600	Ni 84	
		Co 25	P 1050	S 350	Cl 145	

Figur 6: Vergleich des Potenzials des ZEBRA-Akkus mit dem anderer moderner Akkumulatoren. Augenfällig ist, dass die ZEBRA-Technologie auf seltene Rohstoffe verzichten kann.

fische Energie dieses chemischen Systems ist jedoch mit 760 Wh/kg hoch genug und vergleichbar mit den entsprechenden Werten von Li-Systemen, so dass die Zielwerte mit einer Zellkonstruktion mit flachen, dünnen Kathoden in bipolarer Anordnung und mo-

difizierter Kathodenrezeptur erreichbar sind. Auf die zur Realisierung erforderliche Forschungsthemen wurde ebenso hingewiesen wie auf die erforderlichen Verbesserungen bei der thermischen Auslegung der Batterie.

Nationale Zusammenarbeit

Zwischen den Bundesämtern, insbesondere jenen des Departements UVEK, wie auch den Forschungsorganen des Schulrats, den Fachhochschulen und der Industrie hat sich eine sehr gute Zusammenarbeit und ein reger Informationsaustausch etabliert. Jährlich finden gemeinsam organisierte Tagungen und Ausstellungen statt. Sehr

bedeutsam und erfolgreich ist auch die Zusammenarbeit mit den folgenden Umsetzungsorganisationen:

- NewRide, wesentlich mitverantwortlich für die Verbreitung der E-Bikes und den Verkauf von ca. 40'000 E-Bikes im Jahr 2010 in der Schweiz.

- e'mobile, dem Förderer der elektrischen und hybriden Fahrzeuge.
- Gasmobil, dem Promotor der Erd- und Biogasfahrzeuge und Auftraggeber des Fiat 500 1.4 Natural Power Turbo mit Erdgasmotor. Dieses Fahrzeug wurde vom VCS neben dem Lexus 200h zum umweltfreundlichsten PW gekürt und kann in der Zwischenzeit bestellt

werden. Die Entwicklung dieses Antriebs wurde auch vom BFE (EnergieSchweiz) unterstützt.

- Mit der Interessensgemeinschaft V2G konnte von 2009 bis 2010 eine nationale Zusammenarbeit und ein Netzwerk von über 50 Teilnehmern aus der Automobil- und Elektronikindustrie, der Energietechnik, den Behörden und weiteren Partnern aufgebaut werden.

Internationale Zusammenarbeit

IEA Implementing Agreement (IA) Advanced Motor Fuels: (www.iea-amf.vtt.fi): Gegenwärtig sind in diesem IA folgende Annexe mit den entsprechenden Themen aktiv: Information Service & AMF Website (AMFI), Algae as a Feedstock for Biofuels, Particle Measurements: Ethanol and Butanol in DISI Engines, Fuel and Technology Alternatives for Buses, Environmental Impact of Biodiesel Vehicles, Enhanced Emission Performance and Fuel Efficiency for HD Methane Engines, Life Cycle Analysis of Transportation Fuel Pathways, Alternative Fuels for Marine Applications – Future Marine Fuels Study, Toxicity of Exhaust Gases and Particles from IC-Engines – International Activities Survey, und Performance Evaluation of Passenger Car Fuel and Powerplant Options.

IEA Implementing Agreement Hybrid & Electric Cars (www.ieahev.org/): Hier sind gegenwärtig Annexe zu folgenden Themen aktiv: Information Exchange, Hybrid Vehicles, Clean City Vehicles, Electrochemical Systems, Electric Cycles, Heavy-Duty Hybrid Vehicles, und Fuel Cells for Vehicles.

Die EU fördert in vielen Fachgebieten mit Finanzbeiträgen die Zusammenarbeit nationaler Forschungsförderstellen und den Erfahrungsaustausch. Die entsprechenden Projekte tragen den Namen Era-Net (European Research Area Network). Ihr wichtigstes Ziel ist die Koordination und die gegenseitige Öffnung der nationalen Forschungsförderprogramme.

Era-Net Transport (ENT) gehört zu diesem Era-Net-System und ist ein zeitlich befristetes Konsortium zur Förderung der Zusammenarbeit zwischen staatlichen Forschungsförderstellen im Bereich Verkehr. Mitglieder von ENT sind Verkehrs- oder Forschungsministerien europäischer Länder, z.B. von Frankreich, Deutschland, Grossbritannien, Spanien, Österreich, Polen, Schweden, Norwegen, Dänemark, Finnland. Seit Anfang 2007 arbeitet auch das eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Ener-

gie und Kommunikation UVEK in dieser Organisation mit. Die Bundesämter des UVEK mit eigenen Programmen zur Förderung von Forschung und technologischer Entwicklung sind Partner in Era-Net Transport:

- das ASTRA: Forschung im Strassen-, Brücken- und Tunnelwesen;
- das BFE: Energieforschung, Schwerpunkt «Effiziente Energienutzung» – Bereiche «Verkehr» sowie «Akkumulatoren».

Era-Net Transport wird ähnlich wie ein Forschungsprojekt eines internationalen Konsortiums aus Mitteln der Forschungsrahmenprogramme der EU finanziell unterstützt.

ENT Action Groups

Eine der Massnahmen zur Förderung der Zusammenarbeit der nationalen Forschungsförderstellen sind die Action Groups. Diese bestehen aus den Forschungsförderstellen mehrerer Länder, die Ausschreibungen für Forschungsprojekte in einem definierten Bereich durchführen. Die Projekte müssen gemeinsam von Forschungsstellen aus mindestens zwei Partnerländern des Era-Net Transport eingereicht werden. Die Auswahl der zu unterstützenden Projekte erfolgt gemeinsam durch die Vertreter dieser Länder. Jedes Land finanziert den Partner aus seinem Land.

Die Schweiz ist an der Action Group 16 Intermodal Freight Transport beteiligt. Aufgrund einer Ausschreibung wurden mehrere Projekte mit Schweizer Partnern eingereicht. Das Evaluationsgremium der Action Group 16 hat 2008 alle eingereichten Gesuche geprüft und die Projekte bestimmt, die realisiert werden sollen. Seit 2009 sind aus dieser Evaluation 2 Projekte in der Schweiz, beim IVT der ETHZ resp. bei Rapp Transport Zürich in Arbeit.

Referenzen

[1] Eidgenössische Energieforschungskommission CORE: Konzept der Energieforschung des Bundes 2008 bis 2011, Bundesamt für Energie, 2007.

[2] BFE Forschungskonzept Verkehr 2008 - 2011, Bundesamt für Energie 2008

[3] BFE Forschungskonzept Akkumulatoren 2008 - 2011, Bundesamt für Energie 2009

Laufende und im Berichtsjahr abgeschlossene Projekte

(* IEA-Klassifikation)

● 20 KW RANGE EXTENDER FÜR ELEKTRISCH ANGETRIEBENE AUTOMOBILE R&D 1.3*

Lead:	swissauto / Burgdorf	Funding:	BFE
Contact:	Kohler Beat b.kohler@swissauto.com	Period:	2009–2010
Abstract:	Swissauto entwickelt einen kleinen, hoch effizienten 1 Zylinder 4-Takt Motor. Dieser wird zusammen mit einem Elektroantrieb der Firma Brusa in einen VW Polo verbaut. Am Fahrzeug selbst werden Optimierungsmassnahmen getroffen.		

● BEGLEITFORSCHUNG ZU INNOVATION UND DIFFUSION VON ALTERNATIVEN FAHRZEUGEN UND TREIBSTOFFEN R&D 1.3

Lead:	Novatlantis	Funding:	BFE
Contact:	Perret Samuel samuel.perret@sustainserv.com	Period:	2009–2010
Abstract:	Das Projektteam untersucht im Rahmen Pilotregion Basel die Wirkung von Fördermassnahmen auf die Diffusion von Erdgasfahrzeugen.		

● DER BLUE ANGEL ALS PLUG IN HYBRID R&D 1.3

Lead:	HSLu / Horw	Funding:	BFE
Contact:	Härrli Vinzenz vinzenz.haerri@hslu.ch	Period:	2009–2010
Abstract:	Der Blue Angel, ein Seriehybridfahrzeug aus der ersten Generation (1996), wird mit neusten Baugruppen elektrifiziert und zum Plug in Hybrid Fahrzeug umgebaut.		

● ELEKTRO-NUTZFAHRZEUGE BEI FELDSCHLÖSSCHEN: BEGLEITFORSCHUNG ZUM PILOTVERSUCH R&D 1.3

Lead:	Feldschlösschen AG / Rheinfelden	Funding:	BFE
Contact:	Chapatte Laurent Laurent.Chapatte@fgg.ch	Period:	2009–2012
Abstract:	Feldschlösschen AG hat 2009 einen Elektrolastwagen der Marke Modec in Betrieb genommen. 2010 beschaffte die Firma 4 weitere Fahrzeuge, die aber im Gegensatz zum ersten LKW nicht mehr mit Lithium-Ionen-Akkus sondern mit Zebra-Akkus ausgerüstet sind. Das vorliegende Projekt begleitet diesen Versuch wissenschaftlich.		

● ENERGIEEFFIZIENTER VOLLVARIABLER VENTILTRIEB R&D 1.3

Lead:	EMPA / Dübendorf	Funding:	BFE
Contact:	Bach Christian Christian.Bach@empa.ch	Period:	2009–2012
Abstract:	Die EMPA entwickelt ein hybrides Erdgasfahrzeug mit voll variablem Ventiltrieb. Diese R&D Arbeit setzt quasi das CLEVER Forschungsprojekt fort.		

● ENERGIEVERBRAUCH IM ÖFFENTLICHEN VERKEHR: FAHRZEUGHÜLLEN R&D 1.3

Lead:	Uni Basel	Funding:	BFE
Contact:	Oelhafen Peter peter.oelhafen@unibas.ch	Period:	2009–2011
Abstract:	Dieses Projekt erforscht Möglichkeiten zur energetischen Optimierung der Fahrzeughüllen von Schienen- wie auch Busfahrzeugen.		

● ENTWICKLUNG EINES HYBRIDEN ANTRIEBSYSTEMS R&D 1.3

Lead:	ETH Zürich / IDSC	Funding:	BFE
Contact:	Guzzella Lino lguzzella@ethz.ch	Period:	2006–2011
Abstract:	Das IDSC erforscht auf dem dynamischen Prüfstand einen pneumatischen Hybridantrieb für die Polo-Klasse. Bis anhin hat das kostengünstig herstellbare System eine Verbrauchseinsparung von bis 35 % nachgewiesen.		

- **E-SCOOTERS: MARKTENTWICKLUNG, ANALYSE DER AKTEURE** R&D 1.3
- | | | | |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead: | Uni Bern | Funding: | BFE |
| Contact: | Hofmann Heidi
hofmann@ikaoe.unibe.ch | Period: | 2009–2013 |
- Abstract: IKAÖ, EMPA, PSI und e'mobile untersuchen die Möglichkeiten und Voraussetzungen für eine beschleunigte Markteinführung der E-Scooters. Ein wichtiges Grundlagenpapier stellt die Life Cycle Analysis dieser Systeme der EMPA dar.
- **FUEL AND TECHNOLOGY ALTERNATIVES FOR BUSES IM RAHMEN DER IMPLEMENTING AGREEMENTS AMF UND HEV DER IEA** R&D 1.3
- | | | | |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead: | HTI Biel | Funding: | BFE |
| Contact: | Czerwinski Jan
jan.czerwinski@bfh.ch | Period: | 2009–2011 |
- Abstract: Das Implementing Agreement Advanced Motor Fuels (IA AMF) ist eine Fachgruppe, die sich mit den Problemen der Kraftstoffe, der Alternativkraftstoffe, der Energie und Emissionen befasst. Diese Fachgruppe besteht aus Vertretern der Behörden, der Industrie, der Forschungsinstitute und der Universitäten der Mitgliedsländer.
- **IMPLEMENTING AGREEMENT HYBRID- AND ELECTRIC VEHICLES HEV** R&D 1.3
- | | | | |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead: | Solarcenter Muntwyler (Zollikofen) | Funding: | BFE |
| Contact: | Kleindienst Muntwyler Sigrid
s.kleindienst@solarcenter.ch | Period: | 2007–2010 |
- Abstract: Das Implementing Agreement Hybrid- and Electric Vehicles HEV der IEA bearbeitet in den dazu gehörenden Annexes Themen wie Informationsverbreitung, Akkumulatoren, Hybride Fahrzeuge, Brennstoffzellen, Nutzfahrzeuge und stellt ein wichtiges Bindeglied zum IA AMF dar.
- **LAMPO-ELEKTROFAHRZEUG** P&D / WTT 1.3
- | | | | |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead: | Protoscar SA (Rovio) | Funding: | BFE |
| Contact: | Piffaretti Marco
m.piffaretti@protoscar.com | Period: | 2009–2010 |
- Abstract: Protoscar SA entwickelt in dieser Projektreihe sportliche Fahrzeuge als Demonstratoren. Diese werden u. A. am Autosalon in Genf präsentiert, können jedoch vom Publikum bei andern Anlässen erprobt werden.
- **LEICHTBAU IM AUTOMOBIL MIT HILFE VON BIONIK-SIMULATION UND VERBUNDWERKSTOFFEN** R&D 1.3
- | | | | |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead: | Georg Fischer AG (Schafhausen) | Funding: | BFE |
| Contact: | Rau Guido
guido.rau@georgfischer.com | Period: | 2007–2010 |
- Abstract: Georg Fischer entwickelt ein Methodenset, mit dem Automobile Baugruppen bezogen auf die physikalischen und sicherheitstechnischen Anforderungen derselben, ein Gewichtsminimum erzielt wird (Bioniksimulation).
- **LIGHT-TEC I - LEICHTBAU MIT THERMOPLASTISCHEN COMPOSITES** R&D 1.3
- | | | | |
|----------|-------------------------------------|----------|-----------|
| Lead: | Esoro AG (Fällanden) | Funding: | BFE |
| Contact: | Jaggi Diego
diego.jaggi@esoro.ch | Period: | 2009–2011 |
- Abstract: In LIGHT-TEC-I wird ein Produktionsverfahren für Faserverbund-Materialien, der sogenannte Schmelzprägeprozess, entwickelt, welches die produktive Herstellung von Leichtbau-Strukturbauteilen zum Ziel hat. Die dabei verwendeten hochfaserverstärkten Thermoplast-Materialien besitzen ein sehr gutes Festigkeits-Gewichts-Verhältnis und können effizient und umweltfreundlich verarbeitet werden. Das übergeordnete Ziel: Gewichtsreduktion im Fahrzeug, soll damit einen erheblichen Schritt weitergebracht werden.
- **MINT: MODEL AND DECISION SYSTEM FOR EVALUATION OF INTERMODAL TERMINAL NETWORKS (ERA-NET TRANS)** R&D 1.3
- | | | | |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead: | Rapp Trans (Zürich) | Funding: | BFE |
| Contact: | Ruesch Martin
Martin.Ruesch@rapp.ch | Period: | 2008–2011 |
- Abstract: MINT ist ein transnationales strategisches Projekt zur Verbesserung von bestehenden und Erarbeitung von neuen Modellen und Methoden für die Planung und Evaluierung von intermodalen Terminals und Terminalnetzwerken. Die Ergebnisse dienen zur Verbesserung der Grundlagen für Entscheide zu Terminalnetzen, Terminalstandortkonzepten sowie die Beurteilung von Terminalgesuchen. Das Projekt wird im Rahmen der europäischen Forschungsinitiative ERANET Transport durchgeführt.

● **MOBILITY THROUGH COMMUNICATION, COMPUTATION AND CONTROL (MC3)**

R&D 1.3

Lead:	ETH Zürich	Funding:	BFE
Contact:	Guzzella Lino lguzzella@ethz.ch	Period:	2007–2011
Abstract:	Im Grundlagenprojekt MC3 – Future Mobility using Communication, Computation and Control, untersucht die ETH Zürich, zusammen mit der EPF Lausanne, die Möglichkeiten und die Voraussetzungen für einen radikalen Leichtbau von Fahrzeugen, der eine Absenkung des spezifischen Verbrauchs um den Faktor 3 zum Ziel hat.		

● **SWISSCLEANDRIVE**

R&D 1.3

Lead:	SwissCleanDrive	Funding:	BFE
Contact:	Bolliger Martin mb@nextwave.ch	Period:	2009–2010
Abstract:	SwissCleanDrive GmbH entwickelte auf Basis eines Fiat 500 ein kleines Plug in Hybrid Fahrzeug das künftig in einer Kleinserie zum Verkauf angeboten werden soll.		

● **TESS – INTERMODAL SOLUTIONS FOR TRANS-EUROPEAN TEMPERATUR SENSITIVE SHIPMENTS**

R&D 1.3

Lead:	ETH Zürich	Funding:	BFE
Contact:	Wichser Jost wichser@ivt.baug.ethz.ch	Period:	2009–2011
Abstract:	Das transnationale Projekt TESS entwickelt innerhalb ERA NET Trans intermodal Solutions for Trans-European Temperatur Sensitive Shipments		

● **TRENDWATCHING GROUP SMART GRID / PLUG-IN-FAHRZEUGE**

R&D 1.3

Lead:	ENCO AG (Liestal)	Funding:	BFE
Contact:	Horbaty Robert robert.horbaty@enco-ag.ch	Period:	2009–2011
Abstract:	Das Projekt bildet eine Drehscheibe für die Schnittstelle Smart Grid und Plug-In-Fahrzeuge mit den Teilaufgaben Informationsaustausch, Vernetzung und Initiierung von Forschungsprojekten in der Autoindustrie		

● **WIRKUNGSGRADKETTE PW-ANTRIEB**

R&D 1.3

Lead:	ETH Zürich (LAV)	Funding:	BFE
Contact:	Boulouchos Konstantinos noembrini@lav.mavt.ethz.ch	Period:	2009–2011
Abstract:	Das LAV der ETH Zürich untersucht in diesem Projekt den Wirkungsgrad von Antriebsketten. Projektgegenstand ist die Untersuchung unterschiedlicher Fahrzeug-Antriebsarten in Bezug auf ihren Energiebedarf und CO2-Emissionen mit Berücksichtigung der Umwandlungsschritte auf der gesamten Energiekette. Auf dieser Basis werden die Wechselwirkungen mit der Elektrizitätswirtschaft, bezogen auf die Gegebenheiten der Schweizer Flotte, gerechnet und die Auswirkungen auf die Netze abgebildet.		

● **FIAT 500 TWINAIR ERDGAS TURBO**

P&D / WTT 1.3

Lead:	Gasmobil (Arlesheim)	Funding:	BFE
Contact:	Tschopp Ralph ralph.tschopp@gasmobil-ag.ch	Period:	2010–2011
Abstract:	Gasmobil liess im Rahmen dieses Projektes einen Fiat 500 serienahe auf den Erdgasantrieb umrüsten. Das Fahrzeug wurde vom VCS, neben dem Lexus 200h zum umweltfreundlichsten Fahrzeug erkoren und kann jetzt bestellt werden (Kleinserie).		

● **ABLIM**

R&D 6.1

Lead:	KWO / HTI Biel / Battery Consult	Funding:	BFE
Contact:	Ursin Max urh@kwo.ch	Period:	2009–2011
Abstract:	Im Projekt ABLIM der KWO wird ein Lebensdauermodell für NaNiCl-Zellen (ZEBRA) aufgestellt. Mit diesem Modell sollte es möglich werden, die Lebensdauer von ZEBRA-Batterien in Elektroautos besser vorherzusagen und Hinweise zu bekommen, wie solche Zellen weiter entwickelt werden sollen, damit sie eine höhere Lebenserwartung erreichen. Das wiederum sollte die ZEBRA-Batterien wirtschaftlicher, (günstiger) und zuverlässiger machen.		

● **HIBA PAC: HOCHLEISTUNGS-BATTERIE AUF BASIS LIFE-PO4 ALS ERSATZ FÜR BLEI-STARTERBATTERIEN**

R&D 6.1

Lead:	Drivetek AG (Ipsach)	Funding:	BFE
Contact:	Raible Christoph christoph.raible@drivetek.ch	Period:	2008–2010
Abstract:	Drivetek erarbeitete auf Basis einer Lithium Nanophosphat Zelle eine Hochleistungsbatterie. Einsatzgebiet solcher Batterien sind Hybrid- (Strasse, Luftfahrt) und Elektrofahrzeuge mit kurzer Reichweite (Pendlerfahrzeuge) sowie Starterbatterien. Der Vorteil der Lithium Nanophosphat Technologie liegt in der Schnellladefähigkeit (4C) und hohen Leistungsdichte (3000 W/kg). Weiter gilt diese Zellenchemie als relativ eigensicher.		

