



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

Schlussbericht 15. März 2010

swisscleandrive plug-in hybrid Fiat 500

Entwicklung und Bau des Prototyps. Proof of concept.

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragsnehmer:

SVFER
Thalacker 1
CH-3303 Zuzwil
www.swisscleandrive.com

Autoren:

Martin Bolliger, SVFER, mb@swisscleandrive.com
Pierre Strub, nachhaltig wirkt, info@pierrestrub.ch

Projektpartner:

BFE-Bereichsleiter: Martin Pulfer

BFE-Programmleiter: Martin Pulfer

BFE-Vertrags- und Projektnummer: 154444 / 103368

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

Jahresbericht 15. März 2010

Abstract

swisscleandrive™ ist ein modulares System, mit dem herkömmliche Autos zu Plug-in Hybrid Elektroautos erweitert werden. Die Komponenten sind so dimensioniert, dass folgende Eigenschaften erreicht werden können:

- im Alltag emissionsfrei
- tanken oder aufladen an der Steckdose oder Tankstelle
- günstiger in Anschaffung und Unterhalt / Amortisation als ein reinelektrisches Auto
- unbeschränkte Reichweite, Gesamtmotorleistung grösser als im Ursprungsfahrzeug
- Allradantrieb

swisscleandrive bietet daher die Möglichkeit, Autos mit unbestrittener Akzeptanz in Bezug auf den durchschnittlichen Alltagseinsatz als Elektroauto auszulegen. Bei durchschnittlicher Anwendung des Fahrzeugs können daher 80% der Fahrten rein elektrisch ausgeführt werden, was einem durchschnittlichen Ausstoss von ca. 40g/km CO₂ entspricht (zum Vergleich lag der durchschnittliche Verbrauch der Schweizer Autoflotte 2008 bei 7.1l/100km, 175 g CO₂/km). Gegenüber dem Originalzustand entspricht dies einer 75% Verbesserung (unter der Voraussetzung Elektrizität aus erneuerbaren Quellen) und beim Energie-Wirkungsgrad einer Steigerung auf deutlich über 50% (tank to wheel)

Mit dem vorliegenden Projekt wurde evaluiert, ob das Konzept machbar ist. Zu diesem Zweck haben wir einen Fiat 500 zu einem Plug-in Hybrid Fahrzeug umgebaut gemäss den Vorgaben aus unseren Vorprojekten und Konzeptarbeiten der Jahre 2008 und 2009.

Die eigentliche Umbauphase liess sich in den geplanten 4 Monaten realisieren, sodass im September erste Testfahrten gemacht werden konnten. Die Implementation der Hybridsteuerung wurde vor allem aus personellen Gründen verzögert, die Jungfernfahrt unter der kompletten Steuerung und die interne Roll out Party haben am 7. Oktober stattgefunden.

In den folgenden Wochen und Monaten wurden elektrische Leistung und Fahrkomfort sowie die Stabilität der Funktionen und der Hardware optimiert. So wurde unter anderem das elektrische Drehmoment verdoppelt, und damit die vorhandenen Komponenten maximal ausgenutzt. Mit dieser Konfiguration wurden bis Mitte Februar 2010 ca. 800 km Testfahrten gemacht.

Ein erster Schritt an die Öffentlichkeit an der Auto Zürich (November 2009) hat grosses Publikumsinteresse und viel positives Feedback vom Fachpublikum eingebracht.

Unser Hauptprojektziel, proof of concept, wurde mit den vorhandenen Mitteln erreicht. Die Homologation wurde auf eine nächste Projektphase verschoben. Damit können einzelne Komponentengruppen für die Vorserialenreife weiterentwickelt werden, bevor das Fahrzeug geprüft wird.

Inhalt

a) Abstract	3
Inhalt	4
Konzeption und Bau des Prototyps	5
Alle Vorteile eines Serienfahrzeugs und übertreffen der Leistung reiner herkömmlicher bestehender und angekündigter Elektroautos:	5
Quantensprung in der Nachhaltigkeit	5
Messung, Tests, Homologisierung (auf nächste Projektphase verschoben)	5
Technische Übersicht	6
Angestrebte technische Daten:	6
Erreichte Daten im Prototyp:	6
Projektteam	7
Projektverlauf	8
Phase 1: Feinkonzepte	8
Kick-off Meeting	8
Mechanische Integration	9
Y-Box, Elektronik	9
Energiespeicher	10
Lessons Learned Phase 1	10
Phase 2: Aufbau der Komponenten, Integration und Tests	11
Antriebssystem, Motor und Integration ins Fahrzeug	11
Energiespeicher	11
Mechanik	12
Dynamischer Test	12
Steuerungseinheit	13
Lessons Learned Phase 2:	13
Phase 3: dynamische Tests	14
Erreichte Ziele	14
Schwachstellen	14
Problemlösung	14
Fortbestehende Probleme im Antriebsstrang	14
Lessons Learned Phase 3	14
Phase 4: Homologation	15
Niederspannungsprüfung	15
Projektabchluss	16
Zeit und Umfang	16
Finanzen	16
Geistiges Eigentum	16
Öffentlichkeitsarbeit	16
Ausblick, Arbeiten welche im Rahmen der Projektphase II gemacht worden sind.	17
Der Schritt zur Vorserie	17
Der Schritt in den ausgiebigen Feldtest .	18
Dank	18



Konzeption und Bau des Prototyps

Entwicklung und Bau eines Prototypen (Fiat 500 SwissCleanDrive), der die Machbarkeit des Produktkonzepts SwissCleanDrive plausibilisiert („proof of concept“). Geplant war die Umsetzung des Prototyps sowie dessen Teil-Homologation mit folgenden Komponenten:

- Fiat 500 Automatik mit Blue and me Bordcomputer als Ausgangsfahrzeug
- Y-Box Steuerung für die Kontrolle der zwei Antriebe
- Management für Fiat Duologic Robotgetriebe zur Synchronisation
- Management für Betrieb von Verbrennungsmotor
- Elektromotor mit Aufhängung an modifizierter 4x4 Hinterachse
- Kraftübertragung Elektromotor – Antriebswellen
- Batteriemanagement, Akku und Energiemanagement
- Integration der Batterie im Fahrzeug
- Nebenaggregate für rein elektrischen Betrieb
- Modifizierte Abgasanlage

Alle Vorteile eines Serienfahrzeugs und Übertreffen der Leistung herkömmlicher bestehender und angekündigter Elektroautos:

- Attraktive und qualitativ hochstehende benzinangetriebene Auto-Plattform (1. Modell Fiat 500) mit hoher Nachfrage im Markt.
- Erhöhte Leistung, verbesserte Fahreigenschaften (rein elektrisches Fahren, elektrisch und Benzin kombiniert, von 69 auf 100PS, von 2 auf 4-Rad-Antrieb, Reichweite 700km+).
- Serienpreis des Fiat 500 SwissCleanDrive Fahrzeugs liegt deutlich unter allen anderen Angeboten (vorhanden und voraussichtlich) im Markt. Das wird ermöglicht durch die einfache Konzeption unter Verwendung bestehender Komponenten.
- Durch geeignete Partner wird die benötigte Elektrizität für den Betrieb aus erneuerbaren Energien gewonnen werden.

Quantensprung in der Nachhaltigkeit

- Umweltperformance: Bei durchschnittlicher Anwendung des Fahrzeugs können 80% der Fahrten rein elektrisch ausgeführt werden, was einem durchschnittlichen Ausstoss von ca. 40g/km CO₂ entspricht (zum Vergleich lag der durchschnittliche Verbrauch der Schweizer Autoflotte 2008 bei 7.1l/100km, 175 g CO₂/km).
- Gegenüber dem Originalzustand entspricht dies einer 75% Verbesserung (unter der Voraussetzung Elektrizität aus erneuerbaren Quellen) und beim Energie-Wirkungsgrad einer Steigerung auf deutlich über 50% (tank to wheel)

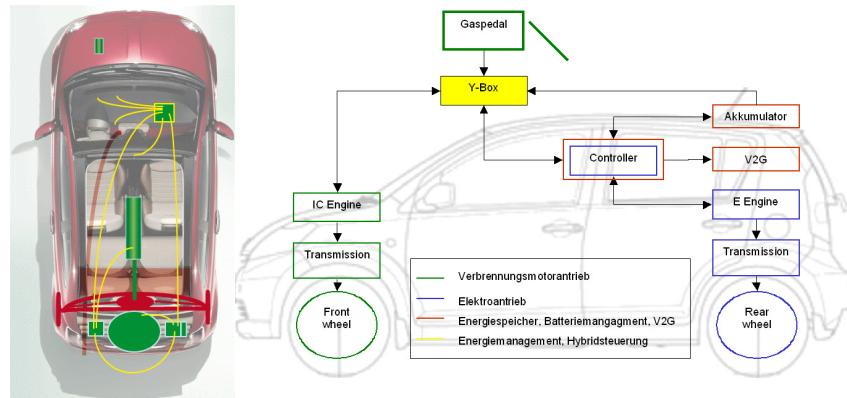
Messung, Tests, Homologisierung (auf nächste Projektphase verschoben)

- Umfangreiche Messungen und Tests sowie eine Rückführung ins Engineering ermöglichen eine Teil-Homologation der Bauteile und ein Aufrechterhalten der gewohnten Service und Garantieleistungen des Herstellers
- Mit Hilfe der erworbenen Erkenntnisse kann die darauf folgende Vorserienproduktion von 10 Fahrzeugen (nächste Phase, Kaufinteressenten siehe Beilage) und damit der Markteintritt des Produkts vorbereitet werden.
- Eine Begleitstudie wird die effektiv zu erzielende Umweltperformance und Wirtschaftlichkeit des Produktes ausweisen

Technische Übersicht

Wir implementieren in den bestehenden Fiat 500 einen Elektroantrieb, der zusätzliches Drehmoment auf die Hinterachse abgibt. Zur Verwendung kommt eine Hinterachse, welche auf alle Fahrzeuge der Bodengruppe Fiat 500 passt.

Das Konzept wurde durch Martin Bolliger 2008 entwickelt und im Wintersemester 2008/2009 und im Sommersemester 2009 in verschiedenen Forschungsarbeiten an der BFH evaluiert und für machbar befunden.



Angestrebte technische Daten:

Antriebskonzept:	Plug-in Hybrid
Motorleistung:	30 kW + 51 kW = 81 kW oder 110 PS
Beschleunigung elektrisch:	0-50 km/h < 10 Sek, 0-80 km/h < 20 Sek.
Beschleunigung hybrid:	0-100 km/h < 10 Sek
Max. Drehmoment elektrisch (Nm):	600 Nm auf der Achse
Batterietyp:	LiFePO4 Dreifels Lithium Power
Batterie Kapazität:	4.5 Ah
Fahrzeuggewicht (inkl. Batterie):	1200 kg
Höchstgeschwindigkeit:	160 km/h
Reichweite:	30 km rein elektrisch, 700 km hybrid
Verbrauch hybrid:	12 kWh elektrisch + 1.5 Liter Benzin
- Verbrauch rein elektrisch:	15 kWh

Erreichte Daten im Prototyp (Motorausstattung nach April 2010)

Antriebskonzept:	Plug-in Hybrid
Motorleistung:	40 kW + 51 kW = 91 oder 120 PS
Beschleunigung elektrisch:	0-50 km/h < 10 Sek
Beschleunigung hybrid:	0-100 km/h < 10 Sek
Max. Drehmoment elektrisch (Nm):	550 Nm auf der Achse
Batterietyp:	LiFePO4 Dreifels Lithium Power
Batterie Kapazität:	4.5 Ah
Fahrzeuggewicht (inkl. Batterie):	1220 kg
Höchstgeschwindigkeit:	110 km/h elektrisch, 160 km/h hybrid
Verbrauchsdaten:	nicht erhoben

Projektteam

Maurizio Costa, Country Manager Customer Services, Fiat Group Automobiles Switzerland SA

Maurizio Guzzo, Fiat Group Automobiles Switzerland SA

Kurt Hug, Projektleiter, BFH-TI

Andreas Kessi, Verlegung Kabelbaum, BFH-TI und Melsys Engineering AG

Christoph Rusch, Mechanisches Engineering, Creaholic AG

Rene Schmid, Mechanischer Umbau, AMT AG

Walter Moser, Automatiker Y-Box, Walter Moser Engineering

Eric Schaer, Informatiker Y-Box, B&R Automation AG

Daniel Giezendanner, Antriebskonzepte und Berechnungen, Drivetek AG

Ralph Schnyder, Li-Eisenphosphat Akkumulatoren, Dreifels AG

Martin Bolliger, Geschäftsleiter, SVFER

Pierre Strub, Moderation, Businessdeveloppent, nachhaltig wirkt, SVFER

Projektverlauf

Phase 1: Feinkonzepte

Kick-off Meeting

Das Kick off Meeting vom 5. Juni 2009 stand unter dem Motto "Drehmoment vom Start weg". Die Aufgaben werden an die Spezialisten verteilt und die Schnittstellen intensiv diskutiert. Als physische Manifestation der Raumverhältnisse im Fahrzeug liegt die Hinterachse als Anschauungsobjekt auf



dem Tisch.

Im Anschluss werden die Gebiete

- Antrieb
- Mechanische Integration
- Fahrwerk
- Akku und BMS
- Y-Box

separat bearbeitet und am zweiten Projektmeeting nach 3 Wochen miteinander abgeglichen.

Die Koordination der Gruppe wird einerseits durch die aktive Kommunikation des SVFER, andererseits über die online Zusammenarbeitsplattform abgewickelt. Diese erlaubt es, wichtige Dokumente für das ganze Team verfügbar zu machen und Themen transparent zu diskutieren. Gleichzeitig wird die öffentliche Website aufgeschaltet.

A screenshot of a web-based project management application. At the top, there's a navigation bar with links like Control Panel, Projects, Tasks, File Manager, Calendar, Board, Profile, Users, Groups, and Config. Below the navigation, there's a section titled 'Welcome, Martin'. It shows a sidebar with 'Your workspaces' (Prototype Fiat 500 SwissCleanDrive) and 'Latest News' (e.g., XD - Präsentation Case Study & Interview, Prototype Case Subscription being raised to \$99/year). The main content area has two tables: 'Events' and 'Tasks'.

#	Project	Title	Start	End	Author
1	500 SwissCleanDrive	Kick off Meeting	06/05/2009, 09:00	06/05/2009, 14:00	Martin
2	500 SwissCleanDrive	The Rollout Party	08/15/2009, 09:00	08/15/2009, 23:00	Martin

#	Project	Title	Assigned to	Priority	Deadline	Progress
1	500 SwissCleanDrive	Zulassung und Typenschein		Not set	10/13/2009, 00:00	0%
2	500 SwissCleanDrive	Umsetzung und Bau		High	07/17/2009, 00:00	0%
3	500 SwissCleanDrive	Integration Hinterachse		High	07/17/2009, 00:00	0%
4	500 SwissCleanDrive	Umsetzung und Aufbau		High	07/17/2009, 00:00	0%

A screenshot of the SwissCleanDrive website. The header features the logo 'SwissCleanDrive plug-in hybrid electric cars'. The main content area has a large image of a water droplet on a leaf. To the right, there's a sidebar with links like 'Home', 'Das Produkt', 'Technik', 'Über uns', 'Sicherheit', 'expand to the essential', and 'suchen'. The central text discusses the car's hybrid technology and its benefits.

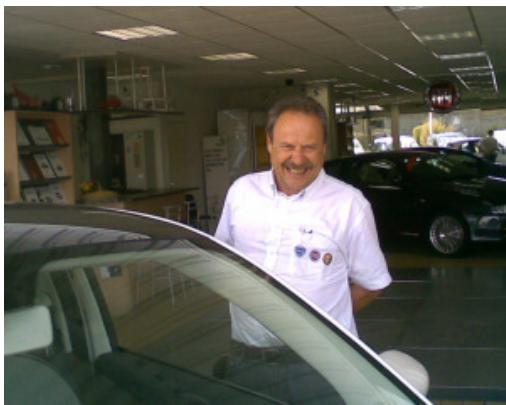
Was beschreibt ein Hybridelektrofahrzeug? Ein Hybridelektrofahrzeug ist ein Fahrzeug, das zwei Antriebsquellen hat: einen Verbrennungsmotor und einen Elektromotor. Beide Antriebe arbeiten zusammen, um die maximale Leistung und Reichweite des Fahrzeugs zu gewährleisten. Der Verbrennungsmotor dient zum Anfahren und Beschleunigen, während der Elektromotor bei niedriger Geschwindigkeit und bei Bremsen eingeschaltet wird. Das resultiert in einer geringeren Verbrauch und einer längeren Reichweite im Vergleich zu einem reinen Benzin- oder Dieselfahrzeug.

Was ist der Vorteile eines Hybridelektrofahrzeugs? Ein Hybridelektrofahrzeug hat viele Vorteile: Erstens ist es umweltfreundlicher, da es weniger Treibstoff verbraucht und damit weniger CO2 emittiert. Zweitens ist es kostengünstiger, da es weniger Betriebskosten in Form von Benzin oder Diesel und Pflegeaufwand hat. Drittens ist es technologisch fortgeschritten und modern.

Was ist die Reichweite eines Hybridelektrofahrzeugs? Die Reichweite eines Hybridelektrofahrzeugs hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie zum Beispiel dem Modell, der Motorisierung und den Fahrbedingungen. Allgemein kann man sagen, dass ein Hybridelektrofahrzeug eine Reichweite von über 80% der Fahrzeuge ohne elektrische Unterstützung erreicht. Für diese Fahrzeuge ist die Reichweite im reinen Elektromodus bis zu 50 km möglich. Energieeffizienz möglich: 20 m² Solarzellen produzieren jährlich genug Energie um ca. 10.000 km mit elektrisch

Mechanische Integration

Für die Detailkonzepte der mechanischen Integration wird am Objekt gearbeitet, weshalb wir das Fahrzeug anschaffen, welches umgebaut werden soll. Es ist ein Fiat 500 1.2 Lounge in perlweiss, der bei Libero Automobile sofort lieferbar ist.



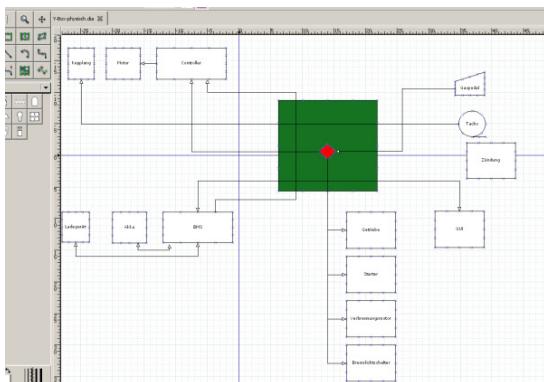
Das Auto geht direkt in die Werkstatt von Rene Schmid nach Seewen zum Umbau von Achse und Fahrwerk. Die konzeptionellen Details lassen sich am besten am Fahrzeug selbst überprüfen und an die Realität anpassen.



Y-Box, Elektronik

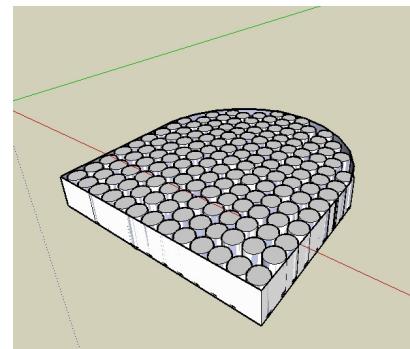
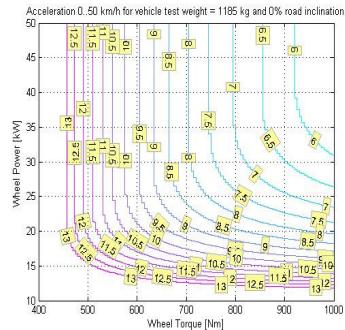
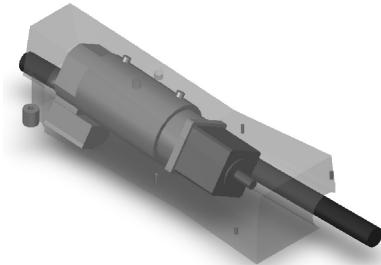
Die Steuerungseinheit wird auf Grund der vorhandenen Schnittstellen und Signale konzeptionell verfeinert. Diese Konzepte dienen später als Grundlage für das Patent, das anfangs November eingereicht wird.

Der Kabelbaum wird ebenfalls konkret am Fahrzeug entwickelt und an der BFH-TI in Vauffelins ins Auto eingebaut.



Energiespeicher

Mittels Dummyzellen und CAD lassen sich die Einbauräume für Motor und Energiespeicher modellieren und berechnen. Auch die notwendigen Leistungsdaten des Antriebs werden wissenschaftlich erarbeitet und dargestellt.



Lessons Learned Phase 1

Abweichungen gegenüber dem ursprünglichen Konzept bestehen darin, dass der Antriebsstrang im Zentraltunnel des Fahrzeugs positioniert wird und damit die Reserveradmulde für die Akkus zur Verfügung steht.

Kritische Wege am 25. Juli 2009

1. Die konkrete Umsetzung für die Y-Box verzögert sich, weil die vorhandenen Ressourcen nicht über die notwendigen umfassenden Kompetenzen verfügen und wir uns auf die Suche machen nach einer Person, welche sowohl die Anforderungen an das Automobil technische wie auch das Steuerungstechnische versteht. Kein einfaches Jobprofil.
2. Wir finden kein Industriegetriebe, welches den ganzen Drehzahlbereich abdecken kann und evaluieren deshalb die Möglichkeit einer Kupplung, um den elektrischen Antriebsstrang vom mechanischen trennen zu können
3. Ein Antriebsmotor mit der von uns verlangten Leistungsdichte steht nicht ab Lager zur Verfügung und benötigt mehrere Monate Entwicklungszeit. Dies verzögert vorerst die Lieferung. Wir überbrücken das Problem mit einem weniger starken Motor.

Phase 2: Aufbau der Komponenten, Integration und Tests

Antriebssystem, Motor und Integration ins Fahrzeug

Das Antriebssystem wird um den Motor herum konzipiert und aufgebaut. Motor und Reduktionsgetriebe sind auf einem Flanschblech positioniert, welches Teil des Motorträgers ist. Dieser umfasst den Zentraltunnel im Bereich zwischen der Vorderachsbefestigung und der Fahrzeugmitte. Befestigt wird der gesamte Antrieb mittels sechs Gewindegelenken, deren vier zur Originalausrüstung der Fiat Panda Bodengruppe gehören.

Die Abgrenzung zwischen dem Originalfahrzeug und dem Zusatzantrieb ist mit den oben beschriebenen Gewindegelenken eindeutig und sauber gelöst. Die einzigen Änderungen, die für die Motorbefestigung an der Fiat Bodengruppe gemacht werden müssen ist die Implantation von zwei Gewindegelenken und die Schaffung der Kabeldurchführung. Die Hintere Anbindung bildet die Verbindung zwischen Kardanwelle und Fiat Hinterachs differenzial. Die Kraft wird über die Panda 4x4 Hinterachs komponenten auf die Hinterräder übertragen, wie das in den Konzepten vorgesehen war. Um die notwendigen Raumreserven für die 4x4 Hinterachse und die Kardanwelle zu gewährleisten, muss auch der Tank mit dem entsprechenden Pendant aus der Panda 4x4 Reihe ersetzt werden. Hier zeigt sich einmal mehr, dass wir die Plattformphilosophie von Fiat richtig bewertet haben. Der Tank passt, die Anschlüsse ebenfalls und die Befestigungspunkte auch.

Energiespeicher

Dreifels konstruiert das Packaging der Batterien speziell für die Raumverhältnisse in der Batteriemulde und liefert vier Blöcke zu ca. 12 kg, die in Serie oder parallel geschaltet werden können. Positioniert werden sie auf einem Einbaublech aus Chromstahl, das als Trägerelement von Creaholic konstruiert worden ist.

Mechanik

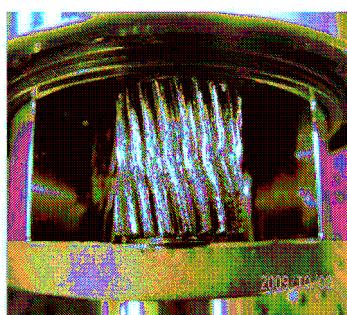
Der Einbau der Komponenten findet in der Werkstatt von Creaholic in Biel statt. Trägerelemente im Fonds und Unterboden nehmen die verschiedenen Geräte auf. Das Problem mit der Getriebedrehzahl lösen wir, indem wir die Fahrzeuggeschwindigkeit auf 80 km/h limitieren.



Die Lösungen passen räumlich gut aufeinander und ins Fahrzeug. Dank der integrativen Kompetenz von Christoph Rusch und dem Creaholic Team überzeugt der Umbau sowohl mechanisch wie optisch.

Dynamischer Test

Am 17. September wird das Fahrzeug zum ersten mal gefahren und der elektrische Antriebsstrang passiv mitbewegt. Dabei fällt von Anfang an die Geräuschentwicklung im Bereich Motor/Getriebe auf. Da die Erfahrung mit den verbauten Komponenten fehlt, wird der Test weiter durchgeführt, bis das Zwischengetriebe blockiert. Untersuchungen ex post stellen fest, dass eine vorbestehende Unwucht im verwendeten Industriegetriebe zum Vorfall geführt hat. Wir verlieren ca. 3 Wochen mit dem Ersatz des Getriebes und konstruktiven Anpassungen an der Motor- und Getriebekomponente. Das Resultat ist eine verbesserte Konstruktion und mehr Know-How.



Das Getriebe, ein Handelsprodukt, wird durch ein neues ersetzt, das wir einer akribischen Eingangsprüfung unterziehen und auswählen. Im gleichen Zug werden die akustischen Eigenschaften des Motorträgers massiv verbessert und die Lagerung des Motors optimiert. Die mechanischen Komponenten werden in der Folge erneut getestet, diesmal mit einem positiven Ergebnis.

Anschliessend kann die Freigabe für den Einbau der Antriebskomponenten gegeben werden und mit der Umsetzung der Y-Box begonnen werden.



Steuerungseinheit

Die grosse Herausforderung, die uns für die Entwicklung der Y-Box begegnet, ist die Integration von Verbrennungsmotor und elektrischem Antrieb unter Verwendung einer Steuerungseinheit. Die Tatsache, dass drei Disziplinen integrativ auf diese Aufgabe einwirken bedingt, dass ein Entwickler gefunden wird, der in allen drei Feldern über Kompetenzen verfügt.

Wir gehen Offert- und Konzeptphasen mit mehreren spezialisierten Kandidaten durch (Informatiker, Autoingenieur, Elektroniker), ohne dass wir die Aufgabe vergeben können. Erst mit Walter Moser, seit 30 Jahren in der Automation von Förderanlagen zu Hause (unter anderem für Fiat in Turin) und mit Erfahrungen im Bereich Automotive, Elektronik, Antriebstechnik und Informatik finden wir endlich den geeigneten Mann. Er erfasst die bestehenden Konzepte sehr und rasch und entwickelt diese am Fahrzeug weiter. In akribischer Kleinarbeit entstehen so die Programmschemata für die Y-Box, die anschliessend vom Programmierer in C auf einer SPS Industriesteuerung von B&R übertragen wird.

Lessons Learned Phase 2:

Das grösste Problem in dieser Phase war der Defekt am Antriebsstrang aufgrund eines Fertigungsfehlers des Lieferanten. Dieses hat das Projekt verzögert.

Wir können bei dieser Gelegenheit die Motoraufhängung verbessern und wissen auch, dass wir für die Weiterentwicklung des Antriebsstrangs diesen weiter vereinfachen werden.

Auf Prozessebene erhält die akribische Eingangsprüfung der Ware auch durch unsere Lieferanten eine grössere Bedeutung.

Phase 3: dynamische Tests

Wir beginnen die Testreihe mit der Jungfernfahrt am 7. Oktober 2009. Das ist die zweite Fahrt des Autos auf dem Boden der Realität. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden die Tests mit freidrehenden Rädern auf dem Werkstattlift der Firma Auto Moto Antener GmbH in Biel gemacht, wo wir uns seit Ende September eingemietet hatten.

Erreichte Ziele

- Y-Box-Steuerung für Interaktion von Benzинmotor und elektrischem Antrieb läuft, Anpassungen ausstehend, Zielerreichung 90%
- Mechanische Anpassung vollständig, Hinterachse und Aufhängung kleine Änderungen ausstehend, Zielerreichung 95%
- Integration und Steuerung elektrischer Antrieb ist komplett, Portierung auf neue Hardware ausstehend. Zielerreichung 90%.
- Untersetzungsgetriebe, Antriebswelle und Differenzial implementiert, Zielerreichung 100%.
- Fahrleistung Elektro-Motor ungenügend, Zielerreichung 50%

Schwachstellen

Die Jungfernfahrt und die anschliessenden eingehenden Fahrtests haben aber auffällig gezeigt, dass die Leistung des elektrischen Antriebs Probleme verursacht. Statt den versprochenen 60 Nm liefert die Motor-Umrichtereinheit von Novotron nur 17 Nm. Das reicht knapp, um das Fahrzeug zu bewegen. Ausserdem treten beim Ladegerät und dem DC/DC Wandler Störungen auf.

Die veränderte Achsgeometrie und das erhöhte Gewicht haben zur Folge, dass die originalen Hinterradfedern zu lang und zu weich sind.

Problemlösung

Für DC/DC Wandler und Ladegerät finden wir alternative Lieferanten. Die Folge sind bessere Funktionalitäten bei erhöhten Kosten. Die Federn werden mit einem Tieferlegungsset für den Fiat 500 Abarth ausgetauscht.

Novotron versucht das Problem der fehlenden Leistung des Elektromotors erfolglos vor Ort zu lösen und liefert in der Folge einen stärkeren Umrichter. Mit diesem können Fahrtests bis 60 km/h durchgeführt werden, was in der ersten Instanz reicht, um die Funktionalitäten der Y-Box zu optimieren. Dies tun wir eingehend.

Die Anpassung des Fahrwerks verschieben wir auf die nächste Phase.

Fortbestehende Probleme im Antriebsstrang

Der Antrieb von Novotron ist nicht genügend für einen Einsatz, der über das Prototypenstadium hinaus geht. Die Alternativen, welche uns von Drivetek geliefert werden passen nicht in unser finanzielles und zeitmässiges Budget.

Wir evaluieren verschiedene weitere Antriebe (Serienprodukte und Neuentwicklungen) und wählen einen Kandidaten aus, welcher in einer nächsten Phase ins Fahrzeug eingebaut wird.

Lessons Learned Phase 3

Wir sehen, dass wir durch unser Festhalten am Konzept der Nichtveränderung der bestehenden Strukturen einen Bauraum für den Motor zur Verfügung haben, welcher eine echte Herausforderung für die Lieferanten darstellt.

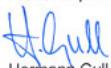
Phase 4: Homologation

Niederspannungsprüfung

Als elektrisches Fahrzeug benötigen wir eine Niederspannungsprüfung durch electrosuisse, bevor wir das Fahrzeug durch die Motorfahrzeugkontrolle abnehmen lassen können.

Wir beantragen diese Prüfung auf Dezember und erhalten eine provisorische Zulassung, die für 18 Monate gültig ist. Der Grund für die Befristung liegt darin, dass wir offen legen, dass der Antriebsstrang weiterentwickelt bzw. die bestehenden Komponenten ersetzt werden.

Die Motorfahrzeugprüfstelle in Bern verlangt für die Abnahme eine Expertise durch das DTC in Vauffelins, welche auch fahrdynamische Tests beinhaltet. Da es keinen Sinn macht, diese mit einem derart stark eingeschränkten Antrieb zu machen (bzw. sie mit dem definitiven Antrieb zu wiederholen), verschieben wir die Prüfung auf die nächste Projektphase.

SEV Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik	
electrosuisse >	
Produktequalifizierung	
Ref. 09-EX-0376.01	
Prüfbericht (Provisorisch) Fehraltorf, 15. Dezember 2009	
Auftragsdatum:	20. November 2009
Referenz:	M. Bolliger
Auftraggeber:	swisscleandrive GmbH, Thalacker 1, CH-3303 Zuzwil
Hersteller:	swisscleandrive GmbH, Thalacker 1, CH-3303 Zuzwil
Gegenstand:	Hybrid-Fahrzeug
Handelsmarke:	FIAT
Typ:	500
Techn. Daten:	Antriebsbatterie 428 V Elektromotor 380 V AC 10 Ah 6,0 kW
Prüfung:	Sicherheitstechnische Prüfung des Traktionsnetzes (> 2 Amp.)
Prüfbestimmung:	SEV-TP 69/2A-d:2003
Ergebnis:	Prüfung bestanden
Electrosuisse Produktequalifizierung	
 Hermann Gull PIK/Ex	
Bemerkung: Dieser provisorische Prüfbericht gilt bis KW 26/2011	

Projektabschluss

Zeit und Umfang

Das Projekt schliesst offiziell mit dem 31.12.2009 mit ca. 1 Monat Verspätung gegenüber dem Projektplan. Das Ziel des Proof of concept haben wir erreicht. Aus finanzieller Sicht haben wir den Rahmen eingehalten, den wir uns gesteckt und mit Hilfe von unseren Projektpartnern BfE, ewz, BKW, BFH-TI und Dreifels finanziert hatten.

Finanzen

Wir haben Dienstleistungen von Fr. 110'000 eingekauft und für den gleichen Betrag eigene Leistungen erbracht sowie Material im Wert von 30'000 Franken in den Fiat 500 eingebaut. Dank der engagierten und zuverlässigen Arbeit unserer Auftragnehmer, einem strikten Kostenmanagement und Eigenleistungen konnten so die Budgets eingehalten werden.

Geistiges Eigentum

Die Y-Box wurde mit ihren Kernfunktionalitäten patentiert. Der SVFER hat per 18.12.2009 der swisscleandrive gmbh sämtliche Rechte und Pflichten im Zusammenhang mit dem Projekt übergeben.

Öffentlichkeitsarbeit

Am 7. Oktober haben wir mit dem Projektteam auf die gelungene Arbeit angestoßen und machen die Jungfernfahrt mit dem Plug-in Hybrid Fiat 500 swisscleandrive auf dem Gelände der Garage Antener in Biel.

Einen knappen Monat später enthüllten wir das Fahrzeug offiziell auf der Auto Zürich. Das Interesse von Publikum und Fachkreisen am Fahrzeug war gross. Die Tagespresse nahm das Fahrzeug hingegen nicht zur Kenntnis.



Ausblick, Arbeiten welche im Rahmen der Projektphase II gemacht worden sind.

Der Schritt zur Vorserie

Nach dem erreichen des Proof of Concept ist der Antrieb noch nicht reif für eine Homologation und eingehende Feldtest. Deshalb bringen wir verschiedene Komponenten in einer Zwischenphase auf Vorserieniveau.

Diese Zwischenphase beinhaltet folgende Punkte:

- Motorauswahl mit dem Ziel, über 550 Nm auf die hintere Achse zu bringen. Der AMK DT7 IPM Motor mit entsprechenden Umrichter kann am 4. April in Betrieb genommen werden und erfüllt unsere Anforderungen weitgehend.
- Die neue Motorträgerkonstruktion senkt Gewicht, Kosten und Montagezeit und erhöht den Fahrkomfort wesentlich.
- Flüssigkeitskühlung für die Komponenten des elektrischen Antriebsstrangs wird im März installiert
- Die Optimierung vom Fahrwerk geht im April von statt
- Die Tests des DTC und des TCS für Strukturfestigkeit und Fahrdynamik laufen anfangs Mai und werden mit Erfolg abgeschlossen.
- Portierung der Steuerungssoftware auf Automotive taugliche und kompaktere Hardware für die Y-Box wird im Rahmen einer Bachelor Arbeit von der BFH-TI gemacht. Aufbau mit Indumont AG, Pieterlen
- Display mit Benutzeroberfläche wird konzeptionell und grafisch erarbeitet
- Elektronischer Schleuderschutz wird in einer Bachelor Arbeit von der BFH-TI untersucht.

Die zweite Phase wurde von den gleichen Sponsoren wie die erste Phase unterstützt.

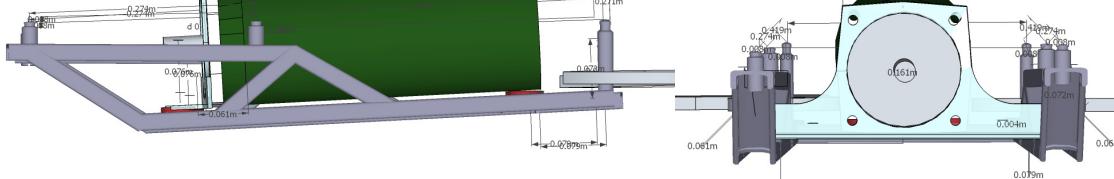


Fahrdynamik



Strukturfestigkeit

Optimierte Motorträgerkonstruktion senkt die Gewicht, Kosten, Montagezeit und die akustische Emission



Der Schritt in den ausgiebigen Feldtest

Das Vorgehen ist in mehrere Phasen unterteilt:

- Phase 1: Theoretische Berechnung Energie, Klima, Wirtschaftlichkeit
- Phase 2a: Umfassende Bewertung anhand von Tests der Bereiche Energie, Klima, Wirtschaftlichkeit
- Phase 2b: Umfassende Bewertung der sozialen, ökologischen und ökonomischen Leistung

Ausgangslage für die Berechnungen ist der Einsatz von Ökostrom und Benzin Bleifrei 95 sowie die Nutzungsprofile gemäss CH Statistik und dem Einsatz von Flottenfahrzeugen bei ewz. Falls möglich werden Aufzeichnungen mit Hilfe von Fiats Eco:Drive durchgeführt und ausgewertet.

Verkaufsstart

Der Verkauf der Vorserie startete Mitte August 2010 und erste Bestellungen konnten bereits in den darauffolgenden Wochen verbucht werden.

Dank

Wir danken herzlich unseren Projektpartnern und Sponsoren, die mit ihrem Beitrag die Entwicklung des Prototyps ermöglicht haben und auch in der nächsten Phase dabei bleiben.

Wir danken dem technischen Team für die engagierte und kompetente Arbeit am swisscleandrive plug-in hybrid Antriebssystem im Fiat 500 und dafür, dass immer lösungsorientiert und konstruktiv gearbeitet werden konnte.