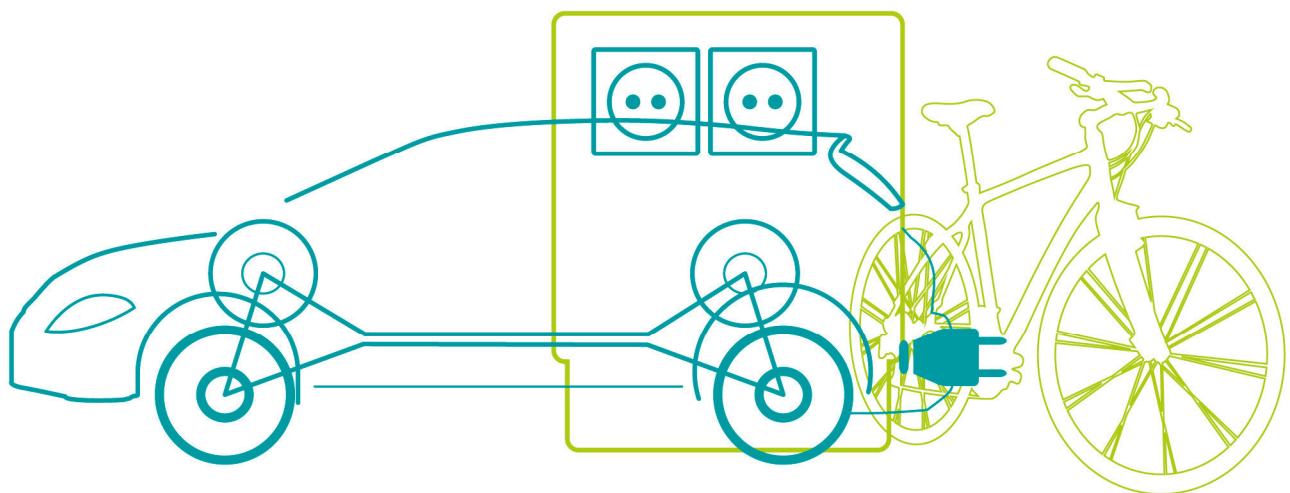




## Universaltraktionssatz

Entwicklung eines  
Elektrotraktionssatzes zum Einbau in  
Fahrzeuge von 1 bis 8 Tonnen  
Gesamtgewicht



## VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage [www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at) zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A handwritten signature in black ink, reading 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel  
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink, reading 'Ingmar Höbarth'.

Ingmar Höbarth  
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Kurzfassung.....                                                                                                    | 2  |
| Abstract.....                                                                                                       | 3  |
| 1 Einleitung .....                                                                                                  | 4  |
| 1.1 Aufgabenstellung .....                                                                                          | 4  |
| 1.2 Programmeinordnung und Schwerpunkt des Projekts .....                                                           | 4  |
| 1.3 Aufbau und Methodik des Projektes.....                                                                          | 4  |
| 2 Inhaltliche Darstellung .....                                                                                     | 6  |
| 2.1 Arbeitspaket AP1 (Anfang Februar bis Ende Februar 2009) .....                                                   | 6  |
| 2.1.1 Internetrecherche.....                                                                                        | 6  |
| 2.1.2 Interviews und Diskussionen mit Elektromobilbetreibern, facheinschlägigen Vereinen<br>und Modellregionen..... | 6  |
| 2.2 Arbeitspaket AP2 (Anfang Februar bis Ende April 2009).....                                                      | 6  |
| 2.3 Arbeitspaket AP3 (Anfang März bis Ende Juli 2009) .....                                                         | 7  |
| 2.4 Arbeitspaket AP4 (Anfang März 2009 bis Ende März 2010).....                                                     | 8  |
| 2.5 Arbeitspaket AP5 (Anfang Juni 2009 bis Ende April 2010).....                                                    | 9  |
| 2.6 Arbeitspaket AP6 (Anfang Jänner 2010 bis Ende Juli 2010) .....                                                  | 10 |
| 2.7 Arbeitspaket AP7 (Anfang März 2010 bis Ende Juli 2010) .....                                                    | 11 |
| 2.8 Arbeitspaket AP8 (Anfang Mai 2010 bis Ende Juli 2010) .....                                                     | 11 |
| 3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen.....                                                                            | 12 |
| 4 Ausblick und Empfehlungen.....                                                                                    | 13 |
| 5 5. Literaturverzeichnis .....                                                                                     | 14 |
| 5.1 Internetquellen .....                                                                                           | 14 |
| 5.2 Fachbücher .....                                                                                                | 14 |
| 6 Anhang .....                                                                                                      | 15 |

## Kurzfassung

Derzeit sind am Fahrzeugmarkt sehr wenige bis gar keine Elektrofahrzeuge verfügbar. Speziell im Bereich Kleinbusse, welche im öffentlichen Personentransport einsetzbar sind, ist auch in den nächsten Jahren derzeit keine Veränderung zu erwarten. Und genau an diesem Punkt soll dieses Projekt ansetzen.

Nach erfolgter Markt- und Bedarfsanalyse soll ein Antriebsbausatz entwickelt werden, welcher individuell auf verschiedene Kundenwünsche hinsichtlich Antriebsleistung, Höchstgeschwindigkeit, Reichweite und Personentransportkapazität anpassbar ist. Verschiedene am Markt verfügbare Antriebskomponenten sollen mit Eigenentwicklungen kombiniert werden.

Um den Antriebssatz realitätsnah zu testen, soll ein Erprobungsträger (PKW mit Transportkapazität 4-5 Personen) hergestellt werden. Dieser PKW soll verschiedenen Personen zum Testen zur Verfügung gestellt werden.

Im Rahmen dieses Testbetriebs sollen wichtige Betriebsdaten gesammelt und Zuverlässigkeitsanalysen durchgeführt werden. Die gewonnen Erfahrungen sollen laufend evaluiert werden und als Basis zur Erstellung des Serienproduktes dienen.

Durch Zusammenarbeit mit verschiedenen erfahrenen Partnern soll am Ende ein serienfertiger Bausatz zur Verfügung stehen, welcher schnell und einfach auf die Bedürfnisse des Kunden anpassbar ist und hohe technische Güte aufweist.

## **Abstract**

There is a very small range of different electric vehicles currently available on the market. Especially if one needs a small bus for public transport purposes it is hard to find something. Even in the next years no change in this situation is foreseeable. This project targets to change this situation.

After a market survey and after defining the common technical requirements a electric traction kit has to be developed, that is modular to fulfill a wide range of customers demands (regarding drive power, maximum speed, vehicle range and transport capacity).

In this project available power train components should be combined with components that are developed by our company.

To test the electric traction kit in real-life conditions a vehicle prototype has to be constructed. This should be a passenger car with a transport capacity of 4 to 5 persons. This car will be handed over to different persons for testing and demonstration purposes.

During this testing process important life and operation data has to be collected. Furthermore an analysis about the reliability has to be done. These experiences should be the base for further development to establish a series production.

Different experienced companies are cooperating with us, so that at the end of the project a traction kit is available that is easily adaptable to a wide range of customers requirements and furthermore shows a high grade of quality.

# 1 Einleitung

## 1.1 Aufgabenstellung

Projektziel war es, einen Elektro-Universaltraktionssatz zu entwickeln, der für Straßenfahrzeuge (zum Personen- oder Warentransport) in einer Größenordnung von 1 bis 8 Tonnen Gesamtgewicht universell einsetzbar ist. In erster Linie soll dieser Traktionssatz zur Umrüstung von Serienfahrgestellen mit Verbrennungsmotor auf Elektroantrieb eingesetzt werden. Der Traktionssatz besteht aus folgenden Hauptkomponenten: Antriebsmotor, Steuerungseinheit für Motor, Antriebsbatterie, Ladegerät für Antriebsbatterie, Stromversorgung für Bordnetz, Kommunikationsmodul als Interface zwischen Fahrgestell und Antriebseinheit. Nach Entwicklungsende sollte ein serienfertiges Produkt zur Verfügung stehen, welches den gängigen Standards der Automobil-Industrie entspricht, und zwar vor allem im Hinblick auf Vibrationsfestigkeit, Temperaturbeständigkeit, Beständigkeit gegenüber atmosphärischen Einflüssen und elektromagnetischer Störeinstrahlung.

Der mit dem Klimafond ausgehandelte Fördervertrag legte fest, dass der Universaltraktionssatz an einem einzelnen Fahrzeug entwickelt werden sollte. Die Beschränkung auf die Adaption eines Kleinbusses wurde vereinbart.

Infolge verschiedener Schwierigkeiten im Projekt (siehe Beschreibung AP4) wurde jedoch das Projektziel nochmalig geändert und es wurde festgelegt, dass die Entwicklung des Universaltraktionssatzes auf Basis eines PKWs (4-7 Personen) oder eines Kleintransporter (2-4 Tonnen) zum Abschluss gebracht werden soll.

## 1.2 Programmeinordnung und Schwerpunkt des Projekts

Das Projekt „Universaltraktionssatz“ fällt in die 2.te Förderungsausschreibung „Neue Energien 2020“ des Klimafonds. Das Projekt befasst sich mit dem Kapitel „3.4 Fortgeschrittene Speicherkonzepte und Umwandlungstechnologien mit besonderem Augenmerk auf Schlüsseltechnologien für die Einführung der E-Mobilität“. Als Schwerpunktthema wird der Unterpunkt „3.4.12 Elektroantrieb“ behandelt. Hauptziel hierbei ist die energieeffiziente Integration von notwendigen Komponenten in das Fahrzeug-Design.

## 1.3 Aufbau und Methodik des Projektes

In der Initialphase des Projekts stand die Festlegung der Rahmenbedingungen im Vordergrund. Es sollte möglichst genau umrissen werden, welchen technischen Anforderungen das Endprodukt entsprechen sollte. Um dies zu erörtern, wurde vorerst im Internet nach Informationen gesucht.

Parallel zur Internetanalyse wurden mit verschiedenen Organisationen, Vereinen und Privatpersonen Diskussionsrunden durchgeführt, um die Anforderungen seitens des Konsumenten zu eruieren.

Anhand der gesammelten Informationen konnte das technische Pflichtenheft erstellt und mit diesem die eigentliche Entwicklungsphase gestartet werden.

Als erster Schritt wurde mit verschiedenen Automobilherstellern verhandelt, wobei MAZDA am kooperativsten agierte. RENAULT konnte eingeschränkt als Partner gewonnen werden.

Mit der Auswahl der Fahrzeuge (MAZDA2, MAZDA BT50, RENAULT Traffic) konnte festgelegt werden, wie das technische Gesamtkonzept auszusehen hatte. Wesentlichen Einfluss hatte dabei der Aufbau der Fahrzeugelektrik und -elektronik. Mechanische Komponenten konnten relativ rasch standardisiert werden.

Das technische Grundkonzept war die Basis für die Verhandlungen mit Herstellern von Elektrotraktionskomponenten. Diese konnten nach umfangreichen Recherchen im Internet eruiert werden. Zu Testzwecken wurden Komponenten angeschafft bzw. von den Herstellern zur Verfügung gestellt.

Als Hauptzulieferer für die Elektrotraktionskomponenten einigte man sich auf die Fa. MES-DEA in der Schweiz, welche auch der Hersteller der ZEBRA-Batterie ist.

In Zusammenarbeit mit MES-DEA konnten relevante technische Daten für die Elektrotraktionskomponenten festgelegt und ein entsprechender Spezifikationskatalog erstellt werden.

Mehrere Subauftragsnehmer wurden mit der Entwicklung von weiteren elektrischen und elektronischen Unterbaugruppen betraut. Diese wurden mit den gesammelten Informationen versorgt und in mehreren Arbeitsmeetings die Detailkonzepte erarbeitet. Nach eingehender Prüfung wurde die Freigabe zur Entwicklung gegeben.

Parallel zur Entwicklung der elektrischen und elektronischen Komponenten lief die Erstellung und Entwicklung der mechanischen Antriebskomponenten in Abstimmung auf die Fahrgestelle im Hause der Fa. B. Nusser GmbH.

Ende Dezember konnte nach Festlegung der Projektstrategie und in Absprache mit dem Klimafonds die Umsetzung mit einem MAZDA2 (5-Sitzer, als Personentransporter z.B. im Taxi bzw. Shuttle-Dienst) fokussiert werden. Die Beschaffung des Fahrgestells und der notwendigen Elektrotraktionskomponenten erfolgte unverzüglich.

Das Fahrgestell MAZDA2 wurde ca. Mitte Februar 2010 angeliefert, wobei im ersten Schritt alle Komponenten der Verbrennungskraftanlage entfernt wurden. In Zusammenarbeit mit der Entwicklung wurde der Motorträger gefertigt, der gleichzeitig als Komponententräger für die meisten Steuermodule fungiert. Nach dem Einbau desselbigen, konnte der Kabelsatz auf die realen Abmessungen adaptiert anhand dieser gefertigt werden. Die Entwicklungsabteilung arbeitete in dieser Phase intensiv mit dem Subauftragsnehmer zusammen, welcher mit der Erstellung des Kabelsatzes betraut war, um die elektromagnetische Störempfindlichkeit des Kabelsatzes so gering wie möglich zu halten.

Nach Verbau aller Komponenten ging das Fahrzeug in die Abstimmungsphase. In vielen Testfahrten wurden Modulparameter und Softwareeinstellungen optimiert und das Fahrzeug rollte erstmals Anfang Mai zum Langstreckentest auf die Straße. Seit diesem Zeitpunkt wurden ca. 3000 km bis zum Projektende gefahren. Nach erfolgter Anmeldung im Juni wurde das Fahrzeug an eine Testfahlerin übergeben, welche das Fahrzeug im Alltagsgebrauch testet (jeden Tag ca. 50-100 km). Jede Woche wurde das Fahrzeug überprüft, relevante Daten ausgelesen und das subjektive Feedback evaluiert. Die gewonnen Informationen waren Basis für das Re-Design zur Ausbesserung der Schwachstellen.

Das Projekt wurde am 01.07.2010 erfolgreich mit einem serienreifen Prototypenfahrzeug abgeschlossen.

## **2 Inhaltliche Darstellung**

### **2.1 Arbeitspaket AP1 (Anfang Februar bis Ende Februar 2009)**

Ziel des AP1 war es, die Ausgangsbasis für das Projekt zu definieren. Diese Basis sollte im Rahmen des Pflichtenhefts dokumentiert werden. Technische und wirtschaftliche Forderungen sind darin zu definieren.

Um die Anforderungen festzulegen, wurde folgende Methodik gewählt:

#### **2.1.1 Internetrecherche**

Im Internet wurde auf verschiedensten facheinschlägigen Web-Seiten der Status Quo der Elektromobilität erhoben. Da die Anzahl dieser Seiten bereits sehr groß ist, war ein relativ großer Aufwand vonnöten, um wissenschaftlich fundierte Einträge von unseriösen Einzelmeinungen zu trennen.

#### **2.1.2 Interviews und Diskussionen mit Elektromobilbetreibern, facheinschlägigen Vereinen und Modellregionen**

Um Informationen über praktische Erfahrungen und Erwartungshaltungen zum Thema Elektromobilität sammeln zu können, wandten wir uns direkt an Personen, die sich bereits seit längerer Zeit mit diesem Thema auseinandergesetzt hatten. Dadurch sollte sichergestellt werden, dass Fehler der Vergangenheit nicht ein zweites Mal begangen würden und in weiterer Folge realistische Zukunftsperspektiven erörtert werden. Die gesammelten Informationen wurden gebündelt, komprimiert, analysiert und die daraus gezogenen Schlüsse anschließend als wirtschaftliche und technische Anforderungen im Pflichtenheft dokumentiert. Das Pflichtenheft konnte fristgerecht mit Ende Februar fertiggestellt werden.

### **2.2 Arbeitspaket AP2 (Anfang Februar bis Ende April 2009)**

Die Ziele dieses Arbeitspaketes waren die Erstellung des technischen Grundkonzeptes sowie die Evaluierung von bereits am Markt vorhandenen Unterbaugruppen.

Um das technische Grundkonzept erstellen zu können, war es notwendig, geeignete Fahrzeugtypen auszuwählen. Hierfür wurden aufgrund unserer guten Zusammenarbeit mit MAZDA Austria und RENAULT Austria Modelle von diesen beiden Herstellern favorisiert. Einige Diskussionsrunden mit den Importeuren der beiden Automobilhersteller wurden durchgeführt, wobei MAZDA Austria eine umfassende Kooperation (speziell in Garantiefällen) anbot, RENAULT Austria hingegen nur eingeschränkte Zugeständnisse zur einer Kooperation machte.

Aufgrund der Gespräche wurde folgende Fahrzeugtypen in den Fokus genommen:

- MAZDA 2 (Modell 1.3i CE)
- MAZDA BT50 (Modell 4x4 RapCab)
- RENAULT Kangoo Express Compact Comfort 1.6 90



- RENAULT Trafic 2.0 dCi 90

Von diesen Fahrzeugtypen wurden technische Spezifikationen angefordert und in den Werkstättenhandbüchern wurde nach relevanten Daten und Informationen gesucht. Mechanische und elektrische Fahrzeugcharakteristika mussten eruiert werden, um das technische Grundkonzept so treffend wie möglich gestalten zu können.

Die Filterung und Analyse der Vielzahl an Informationen gestaltete sich sehr zeitaufwendig. Speziell Maximalgewichts- und Achslastberechnungen erforderten einen hohen technischen Aufwand.

Die gesamte Fahrzeugelektronik aller Fahrzeugtypen musste evaluiert werden, um festzustellen, welche Fahrzeugkomponenten beim Ausbau des Verbrennungsmotors funktionsunfähig würden. In Zusammenarbeit mit den technischen Ansprechpartnern von MAZDA Austria und RENAULT Austria wurden Schaltschemata analysiert, um deren Funktionsweisen zu verstehen. Zusätzlich wurden aufwändige Messungen an der realen Fahrzeugelektronik durchgeführt, um Klarheit über Datenbusprotokolle und Sensorikkonzepte zu erhalten.

Die folgenden fahrzeugspezifischen Charakteristika geben einen kurzen Überblick über die für die Erstellung des technischen Grundkonzepts relevanten Daten:

- Eigengewicht, Zuladung, Maximalgewicht
- Zulässige Achslasten und Achsgeometrie
- Laderaumgeometrie
- Art der Servolenkung
- Datenvernetzung und Datenprotokolle zwischen Motorsteuergerät und Karosseriemodulen wie ABS, Airbag und Komfortelektronik
- Kurbelwellen und Nockenwellensensorik

Die Erstellung des technischen Grundkonzepts konnte mit Mitte April 2009 abgeschlossen werden.

Parallel zur Erstellung des Grundkonzeptes wurde Kontakt mit Elektrofahrzeug-Komponentenherstellern aufgenommen. Aus den Herstellern wurde die Fa. MES-DEA als Hauptzulieferer ausgewählt, da sie über ein Komplettsystem an Komponenten mit ausreichender Qualität bei gleichzeitig vernünftigem Preis verfügt. Umfangreiche Tests an zur Verfügung gestellten Musterbauteilen bestätigten dies. Die Gesamtheit aller technischen Eigenheiten dieser Komponenten wurde im Spezifikationskatalog dokumentiert, welcher Ende April 2009 fertiggestellt war.

## 2.3 Arbeitspaket AP3 (Anfang März bis Ende Juli 2009)

In diesem Arbeitspaket wurden die Erkenntnisse aus AP1 und AP2 in Detailkonzepte umgesetzt.

Für die folgenden Komponenten wurden Detailkonzepte erstellt:

- Interfacemodul - Zur Datenkommunikation zwischen Fahrgestellselektronik und Elektroantriebsselektronik
- Cockpitsteuermodul - Anzeigen (für Ladezustand, Strom, Fehlerkontrolle ...) und Befehlsgebung (Vorwärts, Rückwärts, Haltestellenbremse ...)
- Verkabelungssatz – Hochspannung und Steuersystem
- Mechanischer Motorträger – Halterung der Antriebsstrangkomponenten im Motorraum

- Antriebswellen – Halbachsen bzw. Kardanwellen
- Batteriehalterung – Crashesichere Befestigung inkl. Brandschutzmaßnahmen
- Kabinenheizung – Elektrisches Heizsystem bzw. Dieselheizsystem

Um alle Komponenten miteinander in Einklang zu bringen, musste parallel zur Erstellung der einzelnen technischen Detailkonzepte ein Vernetzungskonzept erstellt werden. Dieses wurde so offen wie möglich gestaltet. Das Hauptaugenmerk wurde dabei darauf gelegt, dass Komponenten untereinander per Datenbus kommunizieren können. Dies wurde dadurch sichergestellt, dass alle relevanten Module und Unterbaugruppen mit einer CAN-BUS Datenanbindung versehen wurden. Ein universelles Datenbuskonzept war die zentrale Aufgabe in der Erstellung des Vernetzungskonzeptes.

In die Erstellung der technischen Detailkonzepte wurden nun erstmals Subvertragsnehmer miteingebunden und zwar die Fa. ECE-Wurmiter und die Fa. Sommer Elektronik. Diese beschäftigten sich mit den ersten drei Themen der o.a. Auflistung.

Die Erstellung der mechanischen Detailkonzepte erfolgte ausschließlich in der Fa. B. Nusser GmbH. Hauptkriterium war es dabei, die Fahrzeuggeometrien zu vermessen und aufgrund der Abmaße ein einheitliches universelles Konzept zu erstellen, dessen Kernthemen die Positionierung der Unterbaugruppen und die bestmögliche Abschottung gegen Schmutz und Nässe waren.

Wie geplant wurden alle Arbeiten rund um die technischen Konzepte mit Ende Juni 2009 abgeschlossen.

Zur Erstellung des EMV-Konzepts wurde mit zwei Stellen verhandelt. Dies war in erster Linie die Zulassungsbehörde der Landesregierung Kärnten und in zweiter Linie das EMV-Messlabor in Villach. In mehreren Verhandlungen mit der Zulassungsstelle konnte festgelegt werden, dass im Rahmen der Kleinserienverordnung der KFZ-Zulassungsrichtlinie Erleichterungen in punkto EMV von der Landesregierung genehmigt werden können. Im konkreten Falle hieß dies, dass die Fahrzeugprüfung am EMV-Prüfstand nicht zwingend ist. Man einigte sich darauf, dass den Empfehlungen des EMV-Labors zur Verminderung von Störimmissionen bzw. -emissionen Folge zu leisten sei. Der Nachweis hat im Rahmen der Qualitätssicherung zu erfolgen und eine Prüfung durch einen Ziviltechniker wurde festgelegt.

Die auferlegten Empfehlungen des EMV-Labors flossen in die Entwicklung der Detailkonzepte ein.

## **2.4 Arbeitspaket AP4 (Anfang März 2009 bis Ende März 2010)**

Dieses Arbeitspaket befasste sich hauptsächlich mit der Umsetzung der technischen Detailkonzepte in reale Bauteile und Unterbaugruppen. Weiterer Schwerpunkt war die Beschaffung der Elektroantriebskomponenten.

Die Zusammenarbeit mit den Subauftragsnehmern wurde intensiviert, um die elektronischen Module fertigzustellen. Aus den Detailkonzepten wurden Schaltpläne erstellt, welche in weiterer Folge gelayoutet wurden. Basierend auf dem Schnittstellenkonzept (erarbeitet in AP3) wurden Steckerkonzepte erstellt, welche die Konzeption der Steuergeräte maßgeblich beeinflussten. Gehäusebauformen mussten anschließend so gewählt werden, dass sie universell in mehreren Fahrzeugtypen verwendbar sind.

Mit Ende Dezember 2009 konnten die Entwicklungen am Interfacemodul und am Cockpitsteuermodul weitestgehend abgeschlossen und die ersten Prototypen im Hause der Fa. B. Nusser GmbH ausgetestet werden. Testschwerpunkt war die Einhaltung der Vorgaben der EMV-Richtlinie 2004/104/EG, welche im Labor der Fa. B. Nusser GmbH so weit wie möglich überprüft wurden.

Die Software für beide Module wurde bis Mitte Februar 2010 fertiggestellt. Detailanpassungen am realen Fahrzeug wurden anschließend in AP5 und AP8 getätigt.

Die Erstellung des Kabelbaumkonzeptes ging Hand in Hand mit der Entwicklung der Elektronikmodule. Um den Entwicklungsprozess zu optimieren, war es notwendig, Änderungen am Stecker- und Signalkonzept laufend zu übernehmen und zu aktualisieren. Die Zusammenarbeit der Subvertragsnehmern wurde hierfür verstärkt überwacht und koordiniert. Das Kabelbaumkonzept konnte bereits mit Ende November 2009 fertiggestellt werden. Im Rahmen des Arbeitspakets AP5 wurde aus diesem ein realer Kabelbaum gefertigt.

Die gesamte mechanische Entwicklung wurde in der Entwicklungsabteilung der Fa. B. Nusser GmbH durchgeführt. Die Arbeit mit dreidimensionalen CAD-Systemen bot insofern eine Erleichterung, als etliche Prototypenarbeiten rein virtuell durchgeführt werden konnten. Die Konstruktion der mechanischen Bauelemente wurde bis Februar 2010 abgeschlossen, Adaptionen und die Fertigung folgten in Arbeitspaket AP5.

Parallel dazu wurden bereits alle Elektrotraktionskomponenten bestellt und die letzte Anlieferung erfolgte im März 2010.

Im Arbeitspaket AP4 traten aus verschiedenen Gründen erstmals Verzögerungen und grundlegende Veränderungen im Projekt auf, welche mehrere Änderungen der Projektstrategie zur Folge hatten. Letztendlich wurde festgelegt, dass ein Personen-Transport PKW entwickelt werden solle, der im Eigentum der Fa. B. Nusser GmbH bleiben und für Test- und Demonstrationszwecke zur Verfügung stehen sollte. Als Fahrzeugtyp wurde der MAZDA2 gewählt und der Projektfokus entsprechend adaptiert.

AP4 konnte mit Ende März 2010 abgeschlossen werden.

## **2.5 Arbeitspaket AP5 (Anfang Juni 2009 bis Ende April 2010)**

Ziel dieses Arbeitspakets war es, alle bereits angeschafften und entwickelten Unterbaugruppen ins Zielfahrzeug zu integrieren.

Motorträger, Batteriehalter und Antriebsachsen wurden am 3D-CAD konstruiert und an das Fahrgestell angepasst. Die Fertigung wurde mit Mitte April 2010 abgeschlossen.

Das Fahrgestell wurde mit Anfang Jänner 2010 bestellt und traf Mitte Februar 2010 im Hause der Fa. B. Nusser GmbH ein.

Die virtuelle Erstellung des Kabelstranges wurde am CAD-System mit Ende Jänner 2010 abgeschlossen. Nach Anlieferung des Fahrgestells wurden noch ausständige Adaptionen durchgeführt und der reale Kabelbaum wurde erstellt. Die Empfehlungen für störsicheres Kabelstrangdesign wurden eingebunden, wobei die Fa. Sommer Elektronik mit dieser Aufgabe als Subauftragsnehmer betraut war. Die Entwicklung und Fertigung des Kabelstranges wurde Anfang April 2010 abgeschlossen.

Die Erstellung der Software für das Interfacemodul wurde von der Fa. ECE-Wurmitzer umgesetzt. Die Hauptschwerpunkte hierbei war die Kommunikation zwischen dem Motorsteuergerät des MAZDA2 und der Elektro-Antriebs elektronik herzustellen und die Cockpitanzeigeelemente wie Tankanzeige, Tourenzähler und Motortemperaturanzeige mit den Daten des Elektroantriebsstranges zu synchronisieren. Die Fertigstellung erfolgte mit Ende Februar 2010.

Die Integration der Komponenten startete mit dem Zeitpunkt der Anlieferung des Fahrgestells. Mit Ende Februar wurden bereits erstmals die Prototypenmodelle des Batteriehalters und des

Motorträgers zu Versuchszwecken in das Prototypenfahrzeug eingebaut. Dies war notwendig um die virtuellen Entwicklungsergebnisse (3-D-CAD-Zeichnungen) an die realen Bedingungen zu adaptieren und weitere Anpassungen konnten in direkt im Fahrzeug vorgenommen werden.

Hauptschwerpunkt bei der Integration der Batteriehalterung war, dass größtmögliche Crash-Sicherheit anzustreben war. Es musste darauf geachtet werden, dass Ankerpunkte die notwendige Festigkeit aufweisen und das verwendete Abdeckungsmaterialien unbrennbar bzw. schwer entflammbar sind. Zusätzlich wurde eine Einhausung der Batterie mit hochtemperaturfesten Matten entwickelt um bei unkontrollierten Temperaturanstiegen der Batterie im Crash-Fall eine Isolation zum Innenraum des Fahrzeuges zu gewährleisten.

Nach Befestigung der Elektrotraktionskomponenten am Motorträger und nach Einbau der Batterie in den Kofferraum des Fahrzeuges konnten die realen Abmaße des Kabelstranges vermessen und Halterungspunkte angebracht werden. Die mechanischen Informationen darüber wurden dem entsprechenden Subauftragsnehmer zur Fertigstellung des Kabelsatzes übermittelt. Wie bereits oben erwähnt war die Fa. Sommer Elektronik mit der Erstellung des Kabelbaumes betraut.

Arbeitspaket 5 wurde mit Anfang Mai 2010 abgeschlossen.

## **2.6 Arbeitspaket AP6 (Anfang Jänner 2010 bis Ende Juli 2010)**

Der Prototyp wurde mit Anfang April weitestgehend fertiggestellt und Mitte April drehten sich erstmals die Räder des Elektrofahrzeuges beim ersten Motortest auf der Hebebühne.

Im direkten Anschluss daran wurden mehrere Kurzstreckentests durchgeführt, bei denen die Feineinstellungen der einzelnen Elektronik- und Mechanikkomponenten vorgenommen wurden. Hauptschwerpunkt war hierbei die Parametrierung des Antriebs-Inverters, was maßgeblichen Einfluss auf die Fahrcharakteristik und die Betriebssicherheit des Fahrzeuges hatte.

Der Kurzstreckentest konnte erfolgreich abgeschlossen werden und mit Anfang Mai 2010 rollte der MAZDA2 erstmals zur Langstreckenerprobung auf die Land-Straße, wobei verschiedene Fahrprofile (flach, Autobahn, Stop&Go, Berg) in der Überprüfung ausgetestet wurden. Die Erkenntnisse daraus flossen nochmals in die Feinabstimmung der verschiedenen Komponenten ein, wobei danach hauptsächlich Adaptionenarbeiten beim Zusammenspiel zwischen Batterie und Inverter notwendig waren.

Im Rahmen des Arbeitspakets 6 wurden relevante Elektronikmodule einzeln (Interfacemodul und Cockpitmodul) und im Verbund (im Fahrzeug mit Kabelbaum) von der Fa. Sommer Elektronik auf ihre Störfestigkeit überprüft (Prüfpulse nach RL2004/104/EG). EMV-Probleme konnten in den Eingangsschaltkreisen des Interfacemoduls und an der Masseverdrahtung des Inverters lokalisiert werden. Dies resultierte in Störungen am Datenbus zwischen Batterie und Inverter und bei der Heizungssteuerung. Die Fa. Sommer Elektronik führte daraufhin ein Re-Design am Interfacemodul durch.

Bereits in AP3 konnte eruiert werden, dass im Rahmen einer Kleinserienproduktion (<100 Fahrzeuge / Jahr) Erleichterungen von der Zulassungsbehörde bezüglich EMV möglich sind. Aus diesem Grund konnte der Punkt „Zertifizierung elektromagnetische Verträglichkeit“ fallengelassen werden.

Um das Fahrzeug für die behördliche Zulassung (Einzelgenehmigung) vorzubereiten, musste mit einem Zivil-Gutachter zusammengearbeitet werden, der das Projekt im Rahmen des Arbeitspakets 6 begleitete. Mit Anfang Juni 2010 war das Gutachten fertiggestellt und die behördliche Zulassung konnte eingeleitet werden. Die Abwicklung dieser erwies sich als äußerst unproblematisch und mit Anfang Juni 2010 konnte der MAZDA2 AQ angemeldet werden.

Den Abschluss des Arbeitspakets 6 bildete die Designevaluierung welche Mitte Juni 2010 durchgeführt wurde.

## **2.7 Arbeitspaket AP7 (Anfang März 2010 bis Ende Juli 2010)**

Das Fahrzeug wurde Mitte Mai 2010 (vorerst mit blauer Nummerntafel) an eine Testfahrerin übergeben, welche 4 Monate lang die Alltagstauglichkeit des Fahrzeuges überprüfen sollte (bis ca. Ende Oktober 2010). Bis zum Ende des Projektes wurde der MAZDA2 im Berufs- und im Freizeitgebrauch getestet und täglich wurden ca. 50-100 km Fahrstrecke absolviert. Subjektive Wahrnehmungen seitens des Testfahrers bezüglich Fahrkomfort, Fahrverhalten, Betriebssicherheit und Einsatztauglichkeit wurden analysiert und deren Verwendbarkeit evaluiert.

Weiters wurden wöchentlich objektive Daten wie Batterieentladungstiefen, maximale Stromstärken, Energieverbrauch, Ladzyklen und Kilometerstände aufgenommen. Alle Komponenten wurden einer optischen Kontrolle unterzogen und Verschleißerscheinungen beobachtet.

Anhand der gesammelten subjektiven und objektiven Daten wurde das Fahrzeug in dieser Testphase laufend optimiert.

## **2.8 Arbeitspaket AP8 (Anfang Mai 2010 bis Ende Juli 2010)**

Während der Testphase konnten folgende Probleme festgestellt werden:

- Scheuerproblem des Kabelstranges am Motorträger (durch Vibration)
- EMV-Problem Antriebsinverter (Keine Kommunikation mit Diagnoseschnittstelle im Fahrbetrieb)

Beide Probleme wurden von der Fa. Sommer-Elektronik behoben. Am Kabelbaum wurden Scheuerschutzelemente angebracht und nach eingehenden Messungen wurde die Masseführung grundlegend geändert. Beide Maßnahmen waren erfolgreich.

Es war bis zum Abschluss des Projekts nicht notwendig, weitere Komponenten des Fahrzeuges zu tauschen oder zu reparieren. Alle diesbezüglichen Wartungsarbeiten wurden mit Ende Juni 2010 abgeschlossen und das Fahrzeug ist wieder im Testbetrieb.

Als Abschluss des AP8 und somit des gesamten Projektes wurden parallel zum Re-Design und zur Schwachstellenanalyse bereits die Fertigungsunterlagen für die Serienproduktion auf den letzten Stand gebracht.

### **3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen**

Das Projekt ist abgeschlossen und das Demonstrationsfahrzeug befindet sich bereits im Alltagsgebrauchstest (Langzeittest). Alle Unterlagen sind erstellt und es liegt Serienreife vor.

Arbeitspaket AP1 bis Arbeitspaket AP4 konnten plangemäß absolviert und die gesteckten Ziele erreicht werden. Im Arbeitspaket AP4 geriet das Projekt erstmals ins Stocken, als nach potentiellen Partnern bzw. Abnehmern für einen Elektrobus (Basis Mercedes Sprinter oder Renault Trafic) gesucht wurde. Aus verschiedenen Gründen konnte dieses Ziel nicht erreicht werden und es wurde daher vorerst um Terminaufschub, später um Änderung der Projektstrategie (Entwicklung auf Basis MAZDA2) beim Klimafonds angesucht. Diese Modifikation wurde seitens des Klimafonds genehmigt und das Projekt konnte dann erfolgreich abgeschlossen werden.

Der geplante Kostenrahmen konnte eingehalten werden, im Endeffekt konnte sogar bei einigen Punkten eingespart werden.

## 4 Ausblick und Empfehlungen

Das Projekt „Universaltraktionssatz“ befasste sich in erster Linie mit der kostengünstigen Erstellung eines universal anwendbaren Kits, welches leicht auf verschiedene Fahrzeugtypen anwendbar und adaptierbar ist. Im Rahmen dieses Projektes konnte nicht erarbeitet werden, wie die Batterie platzsparend ins Fahrzeug integriert werden kann und wie Verbrauchsreduzierungen erzielt werden könnten.

Für nachfolgende Projekte wären also folgende Entwicklungs- bzw. Forschungsthemen von Nutzen:

- Um in Laderäume und Kofferräumen von Kraftfahrzeugen mehr Stauraum zu schaffen sollte angestrebt werden, die Antriebsbatterie in die Leerräume des Fahrzeuges zu integrieren. Hierbei müsste die voluminöse Zebra-Batterieeinheit auf mehrere Kleinbatterien aufgeteilt werden, um diese in die verschiedenen Leerräume des Fahrzeuges zu integrieren. Als Möglichkeiten bieten sich folgende Einbauorte an:
  - Kraftstofftankmulde
  - Freiraum unter den Sitzen
  - Motorraum
  - Abgastunnel
 Zur Realisierung sind folgende Themen neu zu erörtern:
  - Thermal Management (Heiz- und Kühlmanagement) der einzelnen Batterieelemente
  - Datenmanagement & Leistungsmanagement; Es muss gewährleistet sein, dass die Batterieeinheiten untereinander kommunizieren können, um unterschiedliche Entladezustände bzw. Disbalancen bei der Entladung zu vermeiden.
- Zur Verbrauchsreduzierung muss hauptsächlich das Gesamtgewicht reduziert werden bzw. der Luftwiderstand herabgesetzt werden.
  - Zur Reduzierung des Gesamtgewichts sollte die gesamte Motor- und Batteriehalterungskonstruktion optimiert werden. Eventuell sind Verbundwerkstoffe zu verwenden um eine Gewichtseinsparnis zu erreichen. Weiters sind Optimierungsanalysen für Motor, Steuereinheiten und Batterie durchzuführen. Ein Gewichtseinsparpotential von ca. 5% ist möglich.
  - Zur Verringerung des Luftwiderstandes ist mit den Fahrzeugherstellern zusammenzuarbeiten. Eine komplette glatte Verkleidung des Unterbodens könnte Vorteile bringen. Es ist zu überlegen, ob Außenspiegel durch Kameras zu ersetzen sind, was den cw-Wert weiter verbessern würde.

## 5 5. Literaturverzeichnis

### 5.1 Internetquellen

- <http://www.energie.ch/themen/industrie/auto/> (Abgerufen am 01.04.2010)
- [http://en.wikibooks.org/wiki/Electric\\_vehicle\\_conversion](http://en.wikibooks.org/wiki/Electric_vehicle_conversion) (Abgerufen am 01.04.2010)
- <http://www.elweb.info/> (Abgerufen am 01.04.2010)
- <http://www.wattgehtab.com/> (Abgerufen am 01.04.2010)
- <http://ipts.jrc.ec.europa.eu/home/report/english/articles/vol47/TRA2E476.htm> (Abgerufen am 01.04.2010)
- <http://www.battery-electric.com/subatdocs/WP6-032.pdf> (Abgerufen am 01.04.2010)

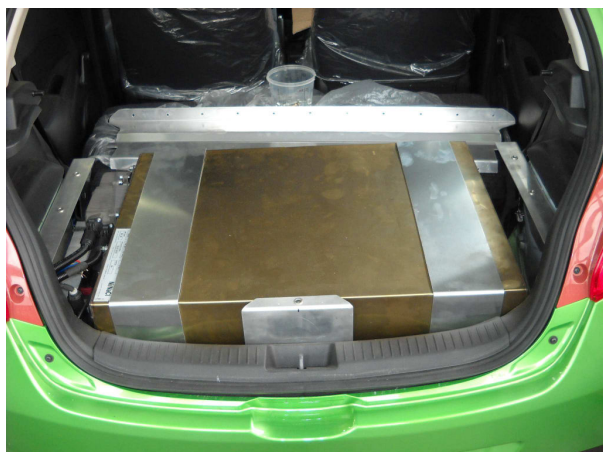
### 5.2 Fachbücher

- EMV-gerechtes Gerätedesign; 5. Auflage; Georg Durcansky; Franzis-Verlag
- CAN-BUS; 2. Auflage; Horst Engels; Franzis-Verlag
- Elektrotraktion; 1. Auflage; Klaus Hofer; VDE-Verlag;
- Elektrische Antriebstechnik in Zahlen; 1. Auflage; Klaus Hofer; VDE-Verlag
- Professionelle Schaltungstechnik Band 1-12; 1. Auflage; Diverse Autoren; Franzis-Verlag



## 6 Anhang

### DEMONSTRATIONSFAHRZEUG MAZDA2 ELEKTRO Auf Basis „Universaltraktionssatz“



Blick in das Heck des MAZDA2 Elektro. Man sieht die eingebaute ZEBRA-Batterie.



Das Cockpit des Fahrzeuges MAZDA2 Elektro. Unten befindet sich das Cockpitmodul mit Visualisierungseinheit und Fahrtrichtungswahlschalter. Im oberen Bereich ist ein Diagnosedisplay verbaut



Blick in den Motorraum des MAZDA2Elektro

Das fertige Demonstrationsfahrzeug MAZDA2 Elektro auf Basis 1.3i CE



## IMPRESSUM

### **Verfasser**

Balthasar Nusser GmbH

Nusser-Straße 1

9560 Feldkirchen in Kärnten

Tel.: +43 / (0) 42 76 / 21 00

Fax: +43 / (0) 42 76 / 21 00 - 6

Web: [www.nusser-fahrzeugtechnik.at](http://www.nusser-fahrzeugtechnik.at)

E-Mail: [office@nusser-fahrzeugtechnik.at](mailto:office@nusser-fahrzeugtechnik.at)

### **Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber**

Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22

1060 Wien

[office@klimafonds.gv.at](mailto:office@klimafonds.gv.at)

[www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at)

### **Disclaimer**

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

### **Gestaltung des Deckblattes**

ZS communication + art GmbH