

Abschlussbericht der **BMW AG**

zum Verbundvorhaben

**Klimaentlastung durch den Einsatz  
erneuerbarer Energien im Zusammenwirken  
mit emissionsfreien Elektrofahrzeugen**

im Rahmen des FuE-Programms  
**"Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität"**

München, Februar 2011

Kurztitel: Mini-E 1.0

Projektpartner: Bayerische Motoren Werke AG, München  
Vattenfall Europe Aktiengesellschaft, Berlin  
Technische Universität Chemnitz, Chemnitz  
Technische Universität Berlin, Berlin  
Technische Universität Ilmenau, Ilmenau

Projektlaufzeit: 01.11.2008 – 30.11.2010

Gefördert durch das:



# **Abschlussbericht**

zum Forschungsvorhaben

## **Klimaentlastung durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Zusammenwirken mit emissionsfreien Elektrofahrzeugen – MINI E 1.0**

### **Zuwendungsempfänger:**

Bayerische Motorenwerke Aktiengesellschaft

Petuelring 130

80788 München

### **Projektleitung:**

Dr. Michael Hajesch

### **Projektbearbeitung:**

Daniela Misitano, Glenn Schmidt, Dr. Maximilian Schwalm, PeterKrams, Michael Meurer

**Förderkennzeichen:** 16EM0001

**Laufzeit des Vorhabens:** 11/2008 – 11/2010

**Berichtszeitraum:** 11/2008 – 11/2010



## Verbundpartner



Vattenfall Europe Innovation GmbH  
Überseering12  
22297 Hamburg

Dr. Oliver Weinmann



Bayerische Motorenwerke AG  
Petuelring 130  
80788 München

Ulrich Kranz



Technische Universität Berlin, DAI-  
Labor  
Ernst-Reuter-Platz 7  
10587 Berlin

Prof. Dr.-Ing. Sahin  
Albayrak



Technische Universität Chemnitz  
Straße der Nationen 62  
09111 Chemnitz

Prof. Dr. Josef F. Krems



Technische Universität Ilmenau  
Max-Planck-Ring 14  
98693 Ilmenau

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk  
Westermann

## Inhaltsverzeichnis

Verbundpartner .....	3
Zusammenfassung .....	7
1. Aufgabenstellung .....	8
1.1 Motivation.....	8
1.2 Ausgangslage.....	10
1.3 Zielsetzung des Vorhabens.....	10
2. Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	12
3. Planung und Ablauf des Vorhabens.....	13
4. Wissenschaftlicher und Technischer Stand an den angeknüpft wurde.....	15
5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	17
6. Wissenschaftlich-Technische Ergebnisse des Vorhabens .....	19
6.1 Arbeitspaket 2.0 - Bereitstellung der wissenschaftlichen Umgebung.....	19
6.1.1 Zielsetzung Arbeitspaket 2.0.....	19
6.1.2 Realisierung Arbeitspaket 2.0 .....	19
6.2 Task 2.1 – Fahrzeug Herstellung.....	20
6.2.1 Zielsetzung Task 2.1 .....	20
6.2.2 Realisierung Task 2.1.....	20
6.3 Task 2.2 – Datenlogger und zentrale Datenerfassung .....	22
6.3.1 Zielsetzung Task 2.2 .....	22
6.3.2 Realisierung Task 2.2.....	22
6.4 Task 2.3 - Betrieb der Fahrzeuge und Betreuung der Nutzer im Feldtest .....	23
6.4.1 Zielsetzung Task 2.3.....	23
6.4.2 Realisierung Task 2.3.....	24
6.5 Task 3.1 – Wissenschaftliche Integration.....	26
6.5.1 Zielsetzung Task 3.1 .....	26
6.5.2 Realisierung Task 3.1 .....	26
6.6 Task 3.2 – Evaluierungskonzept.....	27
6.6.1 Zielsetzung Task 3.2 .....	27
6.6.2 Realisierung Task 3.2.....	28
6.7 Task 3.3 – Nutzerauswahl.....	31
6.7.1 Zielsetzung Task 3.3 .....	31
6.7.2 Realisierung Task 3.3.....	31
6.8 Task 3.4 – Testfeld Berlin .....	32

6.8.1 Zielsetzung Task 3.4 .....	32
6.8.2 Realisierung Task 3.4.....	32
6.9 Task 3.5 – Auswertung Testfeld Berlin.....	35
6.9.1 Zielsetzung Task 3.5 .....	35
6.9.2 Realisierung Task 3.5.....	35
6.10 Task 3.6 – Wissenschaftliche Aufbereitung .....	48
6.11 Arbeiten die zu keiner Lösung geführt haben, Alternativansätze .....	49
6.11.1 Vehicle-to-Grid Aspekte .....	49
6.11.2 Datenlogger Aspekte.....	51
7. Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	52
8. Veröffentlichungen der Ergebnisse .....	53
9. Nutzung und Verwertung der Ergebnisse.....	54
9.1 Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte .....	54
9.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten .....	54
9.3 Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten .....	54
9.4 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit .....	56

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektstrukturplan MINI E Berlin powered by Vattenfall .....	13
Abbildung 2 Kenndaten MINI E, Röntgenbild.....	14
Abbildung 3 Batterie-Elektrische-Fahrzeuge und Hybrid-Fahrzeuge der BMW AG .....	15
Abbildung 4 Batterie und Hochvoltkomponenten - MINI E .....	21
Abbildung 5 Exemplarische Fehlerursachen MINI E 07-12/2009 .....	26
Abbildung 6: Methodenüberblick MINI E Berlin.....	28
Abbildung 7 Nutzerauswahlprozess.....	32
Abbildung 8: Einzelfahrlängen im Vergleich .....	38
Abbildung 9: Durchschnittliche tägliche Fahrstrecke .....	39
Abbildung 10: Durchschnittliche Parkdauer .....	40
Abbildung 11: Verfügbare öffentliche Ladesäulen in Berlin .....	41
Abbildung 12: Ladeereignisse pro Woche .....	42
Abbildung 13 Verbrauch in Außentemperaturklassen während der Fahrt .....	43
Abbildung 14 Verbrauch in Geschwindigkeitsklassen.....	44
Abbildung 15 Zweck MINI E Nutzung im CarSharing .....	46

## Abkürzungsverzeichnis

BMW AG	Bayerische Motorenwerke Aktiengesellschaft
TU	Technische Universität
TUC	Technische Universität Chemnitz
W2V	Wind-to-Vehicle
V2G	Vehicle-to-Grid

## Zusammenfassung

Zielsetzung des Projektes war es, die Alltagstauglichkeit des Gesamtsystems Elektromobilität grundsätzlich nachzuweisen sowie wissenschaftliche und technische Erkenntnisse in diesem Zusammenhang abzuleiten.

Nach Abschluss des Vorhabens stimmen die Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Feldversuch in Berlin überaus positiv. Wie die Nutzer in einer Befragung im Vorfeld angaben, erwarteten sie Einschränkungen bezüglich der Reichweite und durch die Ladezeiten. Tatsächlich wurden diese aber in nur wenigen Anwendungsfällen als solche empfunden. So belegt die Berliner Studie, dass sich über 90 Prozent der Teilnehmer durch eine verfügbare Reichweite von 150 Kilometern in ihrem gewohnten Mobilitätsverhalten nicht beeinträchtigt sehen. Auch die Ladezeiten stellen keine Einschränkung dar.

Wie sich zeigte, unterscheidet sich das Nutzungsverhalten der MINI E Fahrer nur marginal vom Verhalten vergleichbarer MINI Cooper und BMW 116i Nutzer. Die durchschnittliche Länge einer Einzelfahrt differiert zwischen BMW 116i, MINI Cooper und MINI E nur um zwei Kilometer. Die tägliche Gesamtfahrstrecke ist bei den drei Fahrzeugen ähnlich. Beträgt sie beim MINI E 38,6 Kilometer, was etwas über dem gesamtdeutschen, innerstädtischen Durchschnitt liegt, wird ein BMW 116i im Durchschnitt 42 Kilometer pro Tag bewegt, ein MINI Cooper 43,4 Kilometer. Die bisher längste, von Kunden mit dem MINI E zurückgelegte Einzelstrecke liegt bei 158 Kilometern. Der Vergleich mit dem typischen Nutzungsverhalten eines BMW 5er zeigt aber auch, dass E-Mobilität nicht für alle Arten von Mobilitätsanforderungen gleichermaßen geeignet ist. Dies ist auch nicht ihr Anspruch. Dennoch bewerten 66 Prozent der Berliner Nutzer die Flexibilität des MINI E ebenso hoch wie die eines herkömmlichen Fahrzeugs.

Bei der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur zeigte sich, dass die Nutzer in erster Linie Ladesäulen in der Nähe ihres Arbeitsplatzes, in öffentlichen Parkgaragen, an Verkehrsknotenpunkten wie Bahnhöfen und Flughäfen beziehungsweise in Einkaufszentren aufsuchen. Der Großteil des Stroms wurde aber zu Hause geladen und ermöglichte den Testnutzern schon jetzt eine alltagstaugliche Mobilität. Großen Zuspruch fand die Möglichkeit durch den Kooperationspartner Vattenfall Europe, das Fahrzeug mit regenerativ gewonnener Energie zu laden. Zudem zeigte sich, dass der MINI E als Träger für das Konzept des gesteuerten Ladens grundsätzlich geeignet ist und das Konzept funktioniert.

Es konnte der Nachweis erbracht werden, dass die Nutzer elektrisches Fahren als Gesamtsystem aus Fahrzeug, Infrastruktur und Energieerzeugung wahrnehmen und einen verantwortungsvollen Part dabei übernehmen wollen. Das Ziel des Vorhabens wurde vollumfänglich erreicht.

# 1. Aufgabenstellung

## 1.1 Motivation

In der heutigen Zeit sehen sich unsere Gesellschaft, und mit ihr das Umfeld für individuelle Mobilität, mit wachsenden Herausforderungen konfrontiert. Immer mehr Faktoren beeinflussen die Tragweite des individuellen und des unternehmerischen Handelns. Die Welt befindet sich ökologisch, wirtschaftlich und sozial im Umbruch. Doch welche Entwicklungen gilt es zu beachten und wie kann man ihnen begegnen? (BMW Group Medieninformation, 2010)

### **Klimawandel und globale Erwärmung**

Der Klimawandel und die damit einhergehende globale Erwärmung sind Fakt. Das Jahrzehnt von 2000 bis 2009 war zwar das wärmste, das je gemessen wurde, doch auch die weltweit unternommenen Anstrengungen, dem entgegenzuwirken, sind so groß wie nie. Mit einem weiteren Anstieg der Durchschnittstemperatur ginge eine Vielzahl weitreichender Folgen einher, darunter eine verstärkte Gletscherschmelze, ein steigender Meeresspiegel, ein verändertes Auftreten von Niederschlägen und zunehmende Wetterextreme. Eine Ursache der kontinuierlich steigenden Durchschnittstemperatur liegt in der Verstärkung des natürlichen Treibhauseffekts durch den Menschen. Insbesondere durch das Verbrennen fossiler Brennstoffe entsteht das klimaschädliche Gas CO<sub>2</sub>, das den Treibhauseffekt und damit die Erderwärmung weiter vorantreibt. Um den Klimawandel zu verlangsamen und eventuell sogar aufzuhalten, gilt es daher vor allem, die CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich und schnell zu reduzieren. Lösungen wären hier der Umstieg von fossilen Brennstoffen auf regenerative Energiequellen sowie die Steigerung der Effizienz sämtlicher Energieverbraucher.

### **Ressourcenverknappung**

Zusätzlich zu den klimatischen Veränderungen beeinflusst vor allem die drohende Ressourcenknappheit die globale Welt. Wichtige Rohstoffe wie Erdöl und Edelmetalle sind nicht unbegrenzt verfügbar, doch der tägliche Bedarf steigt. Zum einen liegt die Ursache für die schwindenden Ressourcen in der zunehmenden Industrialisierung der Schwellenländer. Doch auch das Wachstum der Bevölkerung, ein steigender Lebensstandard sowie ein sorgloser Umgang mit Rohstoffen tragen zu dieser Entwicklung bei. Die Folge: In fast allen Rohstoffsektoren steigen die Preise. In absehbarer Zeit – der genaue Zeitpunkt ist strittig – wird das globale Ölfördermaximum (Peak Oil) erreicht sein. Ab diesem Zeitpunkt klaffen Angebot und Nachfrage auseinander und es können nicht mehr alle Bedarfe befriedigt werden. Die Suche nach Alternativen zum Öl läuft deshalb bereits auf Hochtouren.

### **Nachhaltigkeit als gesellschaftlicher Trend**

Aufgrund der zunehmenden Brisanz der klimatischen Entwicklung und der Ressourcenverknappung wird sich der Mensch seiner Rolle im ökologischen System immer mehr gewahr. Viele Menschen sind bereits sensibilisiert: Sie sehen sich als Teil eines Gesamtsystems und möchten gerade auch im Hinblick auf die kommenden Generationen bewusst und verantwortungsvoll handeln – mit einem nachhaltigen Lebensstil. Nachhaltig bedeutet jedoch mehr als nur „umweltschonend“. Im allgemeinen

Verständnis besitzt der Begriff „Nachhaltigkeit“ drei Facetten: eine ökologische, eine ökonomische und eine soziale. Die ökologische Nachhaltigkeit umschreibt das Ziel, Natur und Umwelt für die nachfolgenden Generationen zu erhalten, also den verantwortungsvollen Umgang mit den Ressourcen. Die ökonomische Nachhaltigkeit fordert ein wirtschaftliches Handeln, das eine dauerhafte und tragfähige Grundlage für Erwerb und Wohlstand bietet. Die soziale Nachhaltigkeit versteht die Entwicklung der Gesellschaft als einen Weg, der Partizipation für alle Mitglieder einer Gemeinschaft ermöglicht. Die BMW Group hat sich der Nachhaltigkeit mit all ihren drei Facetten bereits frühzeitig verschrieben, um einen Mehrwert für Unternehmen, Umwelt und Gesellschaft zu schaffen.

Dass Nachhaltigkeit auch in der Wirtschaft als immer bedeutender wahrgenommen wird, zeigen Instrumente wie der Dow Jones Sustainability Index. Diese Aktienindizes bewerten Unternehmen nicht nur nach ökonomischen Aspekten, sondern berücksichtigen auch ökologische und soziale Aspekte. Die BMW Group ist dort seit sechs Jahren Branchenführer.

### **Zunehmende Urbanisierung – die Stadt erfordert neue Mobilitätslösungen**

Als weiterer Trend lässt sich die zunehmende Urbanisierung beobachten. Immer mehr Menschen ziehen vom Land in die Stadt, aus Dörfern werden Städte, die Grenzen von Stadt und Land verschmelzen und große städtische Ballungsräume entstehen. Seit dem Jahr 2007 wohnt bereits mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten. Nach Prognosen der UNO wird der weltweite Anteil der städtischen Bevölkerung bis 2030 auf über 60 Prozent steigen und im Jahr 2050 rund 70 Prozent erreichen. Weltweit gibt es schon heute über 130 Städte mit mehr als drei Millionen Einwohnern.

Eine besondere Begleiterscheinung der Urbanisierung sind die so genannten „Megacitys“. Von Megacitys oder megaurbanem Raum spricht man, je nach Definition, bei Städten mit mindestens acht Millionen Einwohnern. Weltweit gibt es inzwischen über 30 dieser Riesenstädte, in denen insgesamt rund 280 Millionen Einwohner leben. Während diese Städte immer schneller wachsen, wachsen auch die Herausforderungen wie Platzmangel und Umweltverschmutzung. Doch Megacity ist nicht gleich Megacity: Shanghai, London, Los Angeles oder Tokio gelten laut Definition zwar als Megastädte, sie unterscheiden sich jedoch stark hinsichtlich ihrer Verkehrsinfrastruktur sowie der Anforderungen ihrer Einwohner an individuelle Mobilität. Der Einfluss des Wachstums auf die urbane Infrastruktur ist von Stadt zu Stadt verschieden.

### **Gesetzgebungen spiegeln das sich ändernde Umfeld wider**

Auch die Regierungen verschiedener Länder handeln als Folge von Klimawandel und Ressourcenverknappung. Mit der Einführung von Zertifizierungen für emissionsfreie Fahrzeuge, Zufahrtsbeschränkungen sowie ambitionierten Flottengesetzen versuchen sie, den steigenden CO<sub>2</sub>-Emissionen zu begegnen. So verlangen USA, Europa, China und Japan bis 2020 eine Reduzierung des Flottenausstoßes gegenüber dem Jahr 2008 um bis zu 30 Prozent.

### **E-Mobilität als nachhaltige Lösung und stabile Entwicklung**

Eine Möglichkeit, den zukünftigen Anforderungen an die individuelle Mobilität zu begegnen, sieht die BMW Group in der Elektromobilität. Ein großer Vorteil liegt hier vor allem in der lokalen Emissionsfreiheit. Da bei der Elektromobilität Strom statt Kraftstoff in

Bewegungsenergie umgewandelt wird, entstehen während der Fahrt keine klimaschädlichen Gase. Gewinnt man die Energie für den Fahrbetrieb regenerativ z. B. aus Wind- oder Wasserkraft, ist die E-Mobilität klimaneutral und schont die natürlichen Ressourcen, da selbst für die Erzeugung der benötigten Energie kein CO<sub>2</sub> in die Umwelt gelangt. Zum einen tragen E-Fahrzeuge so zur Reduktion von Emissionen bei und steigern die Lebensqualität in großen Städten. Zum anderen begegnet die E-Mobilität dadurch dem wachsenden Kundenbedürfnis, ganzheitlich, ökologisch nachhaltig und umweltschonend zu handeln.

## **1.2 Ausgangslage**

Von Politik und Wirtschaft wurden in den letzten Jahren erhebliche Anstrengungen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen unternommen. Dieser Weg ist unter Beachtung von technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen konsequent fortzusetzen, um die notwendigen klimapolitischen Ziele zu erreichen. Die Umsetzung dieser politischen Ziele erfordert Anstrengungen in allen Bereichen.

Bei der Umsetzung der umweltpolitischen Ziele spielt der Verkehrssektor eine besondere Rolle. Ein Großteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Bundesrepublik Deutschland wird im Verkehrssektor verursacht. Elektromotoren sind deutlich effizienter als konventionelle Verbrennungsmotoren, verursachen keine Emissionen und sind sehr leise. Daher eignen sich Elektrofahrzeuge besonders für den Einsatz im innerstädtischen Bereich und führen zu einer Erhöhung der Lebensqualität.

Bei der Nutzung erneuerbarer Energien fällt dem Stromsektor eine besondere Bedeutung zu, in Deutschland insbesondere der Windenergie. Bis 2030 sehen die Planungen die Errichtung von bis zu 20.000 MW in Nord- und Ostsee vor, so dass sich der Windstromanteil in Deutschland dann auf 20% des Stromaufkommens belaufen kann. Die Nutzung dieses Windenergiepotenzials setzt den Ausbau der Stromnetze voraus. Sie erfordert aber auch, alle technischen Möglichkeiten auf der Abnehmerseite zu nutzen. Dies bedeutet die Entwicklung intelligenter Haushaltsgeräte, Ausbau dezentraler Erzeugungssysteme, aber auch die Nutzung von Speichersystemen, wie sie sich mit der Entwicklung von Elektrofahrzeugen in vielfältiger Form anbieten.

Die Vattenfall Europe AG und die BMW AG haben diese Anforderungen in diesem gemeinsamen Vorhaben in Berlin durch einen umfassenden Feldversuch untersucht.

## **1.3 Zielsetzung des Vorhabens**

Übergeordnete Zielsetzung des Vorhabens für die BMW AG war, den Nachweis der Alltagstauglichkeit des Gesamtsystems Elektromobilität in Deutschland zu erbringen.

Das Gesamtsystem besteht energieseitig aus dem Gesteuerten Laden mit den Applikationen Wind-to-Vehicle [W2V] sowie den Ladestationen Autostrom-Box und – Station. Mobilitätsseitig kommen Elektrofahrzeuge des Typs MINI E zum Einsatz, deren Batterien als Energiespeicher für das Netzmanagement zur Integration von Windenergie fungieren.

Die Nutzerakzeptanz des Gesamtsystems Elektromobilität und mögliche Marktpotentiale wurden in diesem Vorhaben untersucht.

Die BMW AG hat im Rahmen des Vorhabens im obengenannten Berichtszeitraum durch die Produktion und Bereitstellung von 50 MINI E Erprobungsfahrzeugen und die Installation einer funktionsfähigen Service- und Betreuungsorganisation in Berlin die Voraussetzungen zur wissenschaftlichen und technischen Erprobung des Einsatzes erneuerbarer Energie im Zusammenhang mit Elektromobilität sichergestellt.

Darüberhinaus koordinierte die BMW AG im Verbund mit Vattenfall Europe und der TU Chemnitz die Rekrutierung und Befähigung der Privat- und Flottennutzern der Elektrofahrzeuge im Rahmen des Projektes.

## **2. Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Das vorliegende Verbundvorhaben wurde durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Förderschwerpunkt „Elektromobilität / Feldversuche Pkw-Verkehr“ über das Konjunkturpaket II der Bundesregierung gefördert.

Aufgrund des hohen öffentlichen Interesses an der Elektromobilität wurde das Vorhaben nach einer vergleichsweise kurzen Planungszeit bereits Ende 2008 gestartet und nach lediglich sieben Monaten Vorbereitung in die Feldversuchsphase überführt.

Erschwerend wirkte, dass die Projektpartner den Feldversuch in Berlin durchführten, die Projektmitarbeiter aber verteilt an den Standorten Berlin, München, Hamburg, Chemnitz und Ilmenau arbeiteten. Durch diese Faktoren wurden eine sehr intensive Abstimmung zwischen den Verbundpartnern und ein schrittweises und konzentriertes Vorgehen notwendig.

### 3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Projekt „Klimaentlastung durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Zusammenwirken mit emissionsfreien Elektrofahrzeugen – MINI E 1.0“ wurde gemeinschaftlich von den industriellen Partnern Vattenfall Europe AG und BMW AG sowie den technischen Universitäten Berlin, Chemnitz und Ilmenau als Verbundvorhaben in diesem Konsortium durchgeführt. Konsortialführer war die Vattenfall Europe AG. Der Arbeitstitel des Verbundvorhabens lautete „MINI E Berlin powered by Vattenfall“.

Das Projekt hatte eine Laufzeit von zwei Jahren. Es startete im November 2008 und endete im November 2010.

Das Projekt ‚MINI E Berlin powered by Vattenfall‘ wurde in vier Arbeitspakete und insgesamt 18 Tasks unter den vier Arbeitspaketen strukturiert (Abbildung 1). Jedes Arbeitspaket bzw. jeder Task wurde jeweils von einem Konsortialmitglied verantwortet.

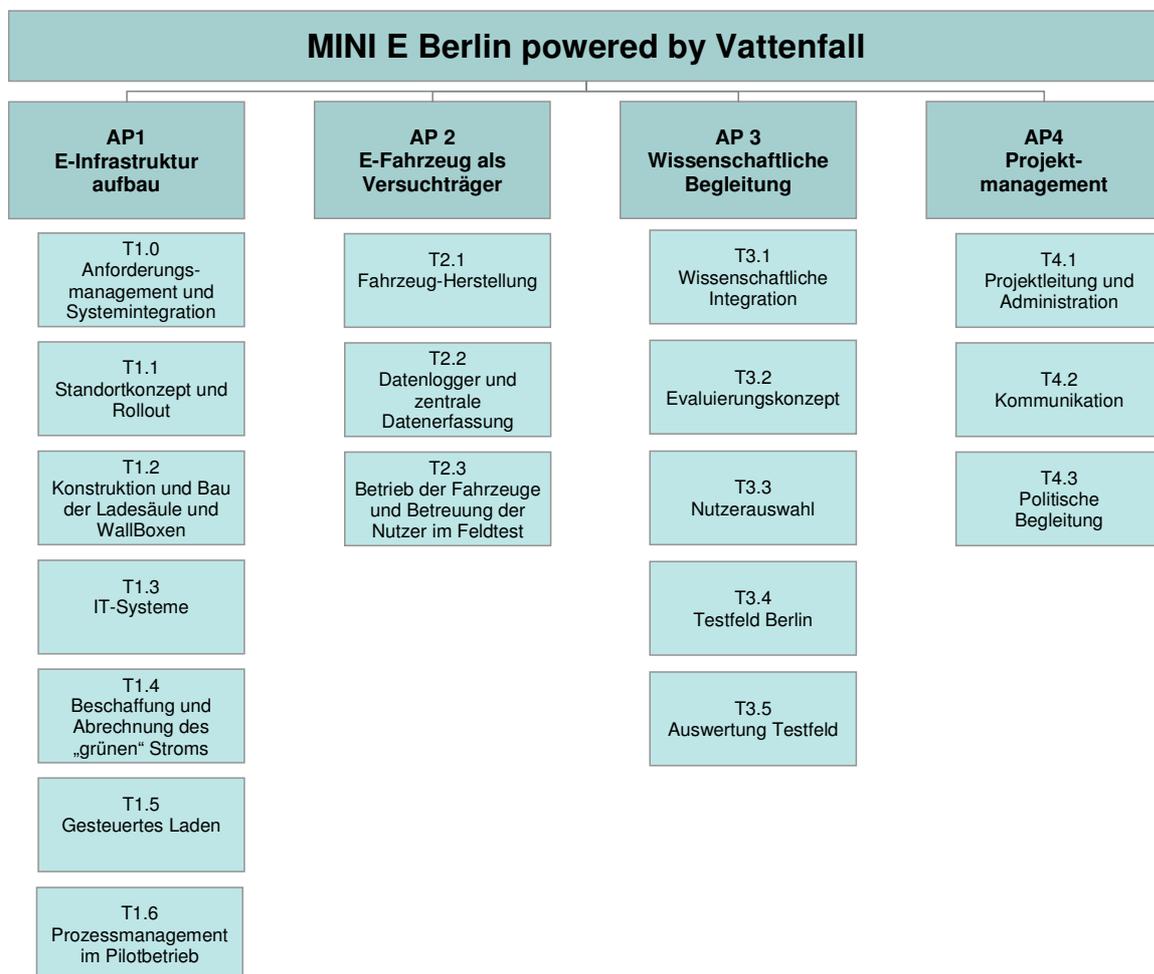


Abbildung 1: Projektstrukturplan MINI E Berlin powered by Vattenfall

Im zeitlichen Ablauf kann das Vorhaben in eine konzeptionelle Phase und zwei Feldphasen und zwei Phasen der Ergebnisauswertung, nach Beendigung der jeweiligen Feldphase, unterteilt werden.

Die Fahrzeuge vom Typ MINI E (Abbildung 2) samt Datenspeichermedium wurden vor Start der Feldphase fristgerecht bereitgestellt. Die Einsatzszenarien wurden mit der TU Chemnitz gemeinsam frühzeitig erarbeitet und mit Vattenfall abgestimmt.

Fahrzeug	2-Sitzer	
Elektromotor	Leistung	150 kW/204 PS
	Drehmoment	220 Nm
	Höchstgeschwindigkeit	152 km/h
Energiespeicher	Lithium-Ionen-Speicher	35 kWh, 29 kWh nutzbar
	Spannung	400 V
	Anzahl Batteriezellen	5.088
	Kühlung	Luftgekühlt, abhängig von der Zelltemperatur
	Ladezeiten (230 V)	2,4 Stunden bei 50 A 3,8 Stunden bei 32 A 10,1 Stunden bei 12 A
	Gewicht	260 kg
	Reichweite	Real bis zu 180 km; gemäss FTP72: 240 km



**Abbildung 2** Kenndaten MINI E, Röntgenbild

Die Forschungsfragen wurden in Zusammenarbeit mit allen Projektteilnehmern identifiziert und vor Entwicklung des Evaluierungskonzepts festgelegt und priorisiert.

Das Evaluierungskonzept wurde von der TU Chemnitz in Abstimmung mit BMW vor Feldstart entwickelt und die dazugehörigen Methoden konzipiert und bereitgestellt.

Die Messgrößen für die Gewinnung der objektiven Fahrzeugdaten wurden von BMW definiert.

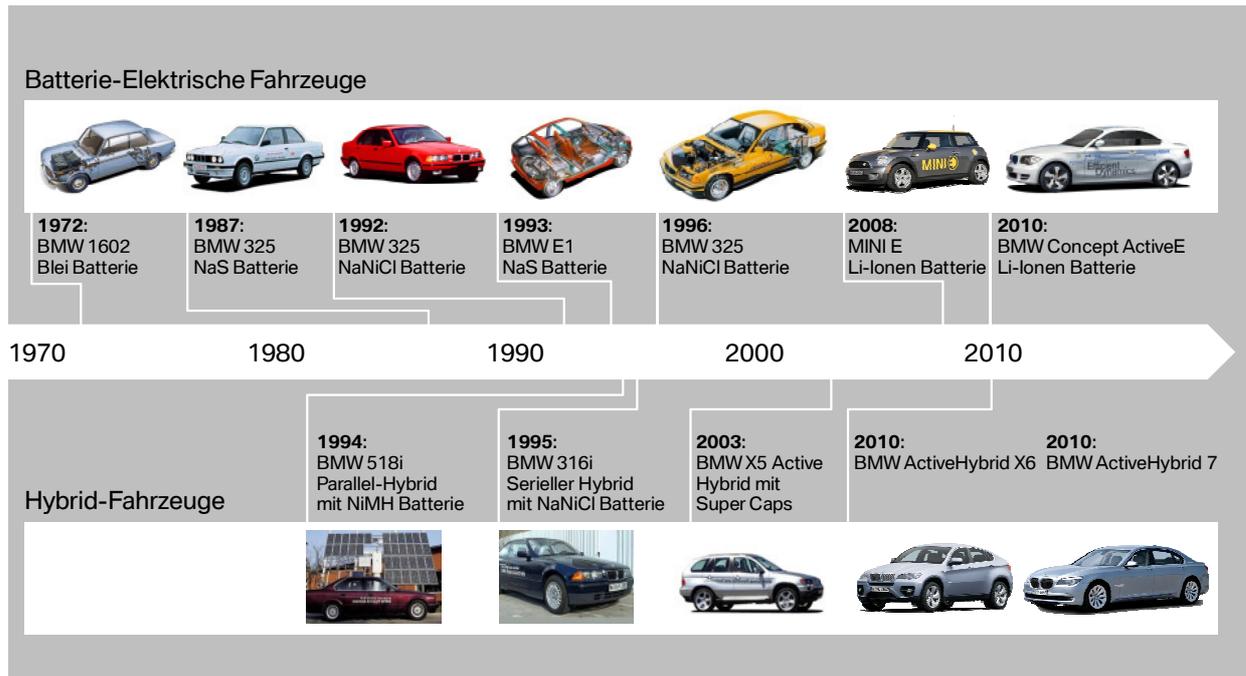
Die vorbereiteten Methoden wurden von der TU Chemnitz zu den definierten Zeitpunkten vor, während und zum Abschluss der Feldphase durchgeführt und die subjektiven Daten erfasst. BMW sammelte und erfasste die objektiven Daten via Datenlogger.

Nach Erfassung der subjektiven und objektiven Daten wurden diese einer Analyse unterzogen und gemäß der Forschungsfragen interpretiert.

Während des Projekts fand ein aktiver, regelmäßiger Austausch mit den Forschungs- und Projektpartnern statt.

## 4. Wissenschaftlicher und Technischer Stand an den angeknüpft wurde

Als einer der führenden Automobilhersteller im Premiumsegment verfügt das Unternehmen BMW über umfangreiche Erfahrungen im Bereich Elektrofahrzeuge und Batterieeinsatz. BMW beschäftigt sich seit Anfang der 1970er Jahre mit der Entwicklung von Elektrofahrzeugen.



**Abbildung 3 Batterie-Elektrische-Fahrzeuge und Hybrid-Fahrzeuge der BMW AG**

Ein erstes Ergebnis daraus war das Begleitfahrzeug für den Marathonlauf während der Olympischen Spiele 1972 in München. 1992 beteiligte sich BMW an dem Großversuch mit Elektrofahrzeugen auf der Insel Rügen. Ziel war die Erprobung der Alltagtauglichkeit in Nutzerhand.

1991 entwickelte BMW das Konzeptfahrzeug E1 mit einer Na/NiCl Hochtemperaturbatterie. Fazit dieser Entwicklungsphase war die Erkenntnis, dass die seinerzeit verfügbaren Batterien über keine ausreichende Energiedichte verfügten und damit keine akzeptablen Reichweiten sichergestellt werden konnten. Auch in der Kooperation mit General Motors und Daimler Anfang des Jahrzehnts wurden spezifische Batterietechnologien für Hybridfahrzeuge untersucht.

Aufgrund erkennbarer Fortschritte bei Batterien im Bezug auf Energiedichte und Reichweite und sich abzeichnenden Anforderungen aus dem Markt (insbesondere in Ballungsräumen) wurde das Projekt MINI E als Befähigungs- und Lernprojekt für zukünftige E-Serienfahrzeuge in der BMW Group aufgesetzt. Mit diesem Projekt und weiteren Aktivitäten wird die Entwicklung der Elektrokomponenten (u.a. Batterie,

Elektromotor, Leistungselektronik) vorangetrieben, welche für den Einsatz im Automobilbau notwendig sind.

## 5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Rahmen der Durchführung dieses Vorhabens wurde mit unterschiedlichen Stellen und Organisationen zusammengearbeitet um die gesetzten Ziele zu erreichen.

Bei einigen, in der Vorhabensbeschreibung definierten Arbeitspaketen und Tasks, welche im Sinne der Umsetzungsverantwortung einem Konsortialpartner zugeordnet waren, war es teilweise erforderlich und auch geplant gewollt, gemeinschaftlich an der Zielerreichung im Konsortium zu arbeiten.

Bezogen auf die Gesamtlauzeit des Vorhabens kann gesagt werden, dass eine sehr intensive Zusammenarbeit zu phasenspezifischen Schwerpunkten des Projektes wie die Konzeption der Nutzerstudie oder die Nutzerauswahl im Konsortium stattgefunden hat. Es fanden über die gesamte Vorhabenslaufzeit regelmäßige Arbeitstreffen, Telefon- und Videokonferenzen mit den Konsortialpartnern statt.

In die Ausgestaltung des Vorhabens wurden direkt oder indirekt weitere Stellen involviert. Zum Beispiel wurden die Nutzer der Elektrofahrzeuge der ersten Phase bzgl. Anregungen und Verbesserungsvorschlägen für die zweite Nutzungsphase befragt um die Qualität des Vorhabens zu verbessern. Weiterhin wurde zum Beispiel für die Zulassung der eingesetzten Elektrofahrzeuge vom Typ MINI E mit den zuständigen Behörden zusammengearbeitet oder mit der BMW Niederlassung in Berlin für den Service und Betrieb der Fahrzeuge.

Während der Laufzeitzeit dieses Vorhabens hat die BMW AG parallel weitere internationale Forschungs- und Lernprojekte zum Thema Elektromobilität unter Verwendung von MINI E Erprobungsträgern durchgeführt.

Darunter mit dem Institute of Transportation Studies an der University of California, Davis (Prof. Tom Turrentine) in den USA. Die beteiligte UC Davis weist dabei eine langjährige Forschungstradition zu alternativen Antriebskonzepten und deren Akzeptanz und Alltagstauglichkeit auf. In gemeinsamen Workshops wurden hier Themen wie Studienkonzept, Methodik und Fragestellungen diskutiert und weiterentwickelt.

Ein Austausch bestand mit einer in England durchgeführten Studie mit MINI Es unter Leitung der Oxford Brookes University (Prof. Alan Hutchinson, Prof. Margaret Harris, Dr. Mark Burgess). Hier konnte eine enge Abstimmung der eingesetzten Forschungsmethodik mit der im Projekt MINI E Berlin eingesetzten Methodik erreicht werden.

Eine weitere Studie mit dem Einsatz von MINI Es findet aktuell im Rahmen einer Nutzerstudie in Frankreich, Paris statt. Mit dem hier beteiligten Forschungsinstitut INRETS unter Leitung von Corinne Brusque und Prof. Michael Reagan konnte ebenfalls in einer engen Abstimmung der Einsatz einer vergleichbaren Methodik erreicht werden.

Im Folgenden ist die Zusammenarbeit mit den Konsortialpartnern in den von BMW verantworteten Arbeitspaketen und Tasks beschrieben.

Für die Erreichung der Ziele im Arbeitspaket 2.0 wurden die Einsatzszenarien für den späteren Feldversuch mit der TU Chemnitz definiert und mit Vattenfall abgesprochen und vereinbart.

Im Task 2.2 wurde im Rahmen der zentralen Datenerfassung mit verschiedenen Stellen zusammengearbeitet. Mit Vattenfall und der TU Ilmenau wurde auf einem Workshop die

Auswertung zum Ladeverhalten gemeinsam besprochen, so dass die von allen drei Partnern gesammelte Daten genutzt werden konnten. Zur Absprache der von der TU Chemnitz im Rahmen des Projekts benötigten Daten, wurde auf einem Workshop ein Katalog bearbeitet.

Im Task 3.1 wurden die zu beantwortenden Forschungsfragen in einem ersten Schritt bei Vattenfall, BMW und der TU Chemnitz definiert. Anschließend in gemeinsamen Treffen aufbereitet und strukturiert um sie in die Methodik einfließen zu lassen. Während der Projektlaufzeit wurden weitere wichtige Forschungsfragen von den Konsortialpartnern eingesammelt bzw. sind durch die Nutzerforschung aufgekommen und wurden sukzessive in die Befragung integriert.

Im Task 3.2 wurde das Evaluierungskonzept gemeinsam mit der TU Chemnitz entwickelt.

Im Task 3.4 führte die TU Chemnitz die definierte Erhebungsmethodik vor Ort mit den Nutzern durch. Die BMW AG stellte gemeinsam mit der TU Chemnitz die Validität der Datenerhebung sicher.

Im Task 3.5 führte die TU Chemnitz die Analyse der subjektiven Daten durch, während die BMW AG die objektiven Fahrzeugdaten aus den Datenloggern auswertete. Die Analyse der verschiedenen Daten wurde gemeinschaftlich zusammengetragen, interpretiert und damit die zuvor gestellten Forschungsfragen beantwortet.

## **6. Wissenschaftlich-Technische Ergebnisse des Vorhabens**

Im Folgenden werden die von der BMW AG verantworteten Arbeitspakete und Tasks des Gesamtvorhabens eingehend beschrieben.

### **6.1 Arbeitspaket 2.0 - Bereitstellung der wissenschaftlichen Umgebung**

#### **6.1.1 Zielsetzung Arbeitspaket 2.0**

Für die Sicherstellung der in diesem Projekt geforderten wissenschaftlichen Ziele war es die Aufgabe in diesem Arbeitspaket, eine entsprechende Experimentalumgebung zu schaffen, die den Kriterien einer empirischen Forschung entspricht.

Um die formulierten Forschungsfragen des Projektes beantworten zu können, sollten hier die Voraussetzungen für die Entwicklung, Produktion sowie Bereitstellung einer Flotte von insgesamt 50 MINI E Elektrofahrzeugen mit entsprechenden Möglichkeiten der Datenaufzeichnung geschaffen werden.

#### **6.1.2 Realisierung Arbeitspaket 2.0**

In dieses Arbeitspaket wurde eine entsprechende Experimentalumgebung und ein Einsatzszenario der MINI E Fahrzeuge geschaffen, in dem die in dem Projekt gestellten wissenschaftlichen Ziele erreicht und die Fragestellungen beantwortet werden konnten.

Dafür wurden aufgrund der von allen Projektpartnern gesammelten Forschungsfragen und Zielsetzungen (s. Task 3.2) für die jeweiligen Einsatzszenarien spezifiziert und deren organisatorischen Voraussetzungen für eine gezielte Datenerfassung der insgesamt 50 MINI E Fahrzeuge festgelegt. Die Auswahl geeigneter Einsatzszenarien wurde sowohl vor als auch während der Durchführung der Feldphase kontinuierlich überprüft und mit den bestehenden wissenschaftlichen Zielen abgeglichen.

Die Einsatzszenarien der 50 MINI E für das Projekt „MINI E Berlin powered by Vattenfall“ wurden wie folgt festgelegt. Im Privatfahrzeugbetrieb wurden 40 Fahrzeuge von Privatpersonen für deren alltägliche Wege und Zwecke genutzt. Zudem waren sechs MINI E im Flottenbetrieb vor allem für Dienstwege im Einsatz. Vier weitere Fahrzeuge konnten von einem ausgesuchten Nutzerkreis im Rahmen von Car-Sharing (Sixty und DB RENT) gebucht werden.

Für die jeweiligen Einsatzszenarien musste sichergestellt werden, dass während der gesamten Projektlaufzeit eine kontinuierliche Datenerfassung, sowohl bezüglich der Fahrzeuge (Datenlogger), als auch der subjektiven Daten (Nutzerbefragungen) gewährleistet war. Dafür wurden die Fahrzeuge kontinuierlich überwacht und es wurde festgestellt, wenn ein Fahrzeug gar nicht oder nur sehr wenig über einen bestimmten Zeitraum bewegt wurde. Diese Fälle wurden daraufhin einzeln geprüft und die Hintergründe ermittelt. So konnte sichergestellt werden, dass die in diesem Projekt eingesetzten Fahrzeuge auch ein größtmögliches Datenvolumen generieren konnten, ohne dabei die jeweiligen individuellen Nutzungsgewohnheiten der ausgewählten Nutzer zu stören.

Angepasst auf die hier beschriebenen jeweiligen Einsatzszenarien der MINI E Fahrzeuge wurden in diesem Arbeitspaket jeweils auch die notwendigen Prozesse zur Integration der

Datenerfassungsmöglichkeiten kontinuierlich angepasst und etabliert, sowie die technische Voraussetzungen bei den Nutzern geschaffen.

## **6.2 Task 2.1 – Fahrzeug Herstellung**

### **6.2.1 Zielsetzung Task 2.1**

Ziel ist die Umsetzung und Bereitstellung der in AP 2.0 spezifizierten experimentellen Bedingungen, speziell der Fahrzeugflotte.

Aufbauend auf der vorangegangenen Erläuterung und den in Arbeitspaket 2.0 identifizierten Anforderungen an eine Experimentalumgebung wurde eine Spezifikation für einen Versuchsträger in Form eines Elektrofahrzeugs abgeleitet. Aufgrund der folgenden Aspekte wurde der MINI E als geeigneter Versuchsträger für das Forschungsvorhaben gesehen:

- Die technologische Reife des Prototyps lässt eine Erprobung unter realen Alltagsbedingungen bei Nutzern zu.
- Durch diese technologische Reife lassen sich die formulierten Forschungsfragen zu Energiethemen nicht nur theoretisch beantworten, sondern praktisch erproben.
- Durch das so bereitgestellte Fahrzeug können somit auch die relevanten umweltpolitischen Fragestellungen und Auswirkungen aussagekräftig und valide beantwortet werden.

Der innovative und experimentelle Charakter des in diesem Projekt geforderten Fahrzeugtyps, erfordert bei der kompletten Fahrzeugherstellung Sonderprozesse und manuelle Eingriffe von speziell geschulten Experten.

Ziel war es 50 Erprobungsträger rechtzeitig zum Start der ersten Feldphase verfügbar zu haben.

### **6.2.2 Realisierung Task 2.1**

Um die Forschungsziele im vorgenommenen Zeitraum realisieren zu können, stellte der Umbau eines bestehenden konventionellen Fahrzeugkonzeptes (Verbrennungsfahrzeug) den einzigen pragmatischen Lösungsweg dar.

Somit wurde als Basis für die Fahrzeugherstellung der Cooper S US Automatik herangezogen. Um dieses Fahrzeug für einen Flottenversuch in Deutschland einsetzen zu können waren verschiedene Arbeitsschritte in einem pilothaften Herstellungsumfeld erforderlich:

Als Voraussetzung zum Einbau der Batterie und der Hochvoltkomponenten musste die Karosserie modifiziert werden. Die Fahrzeuge wurden von Oxford ohne Antriebsstrang und Batterieeinheiten geliefert. Im Rahmen des Tasks hat BMW zunächst den gesamten Antriebsstrang bestehend aus Elektromotor, Untersetzungsgetriebe und Power Electronic Unit (PEU, dient zur Motorsteuerung/-überwachung und beinhaltet Ladegerät) in die Basisfahrzeuge eingebaut. Pro Fahrzeug wurden darüber hinaus je 48 Batteriemodule in drei Batteriekästen integriert.

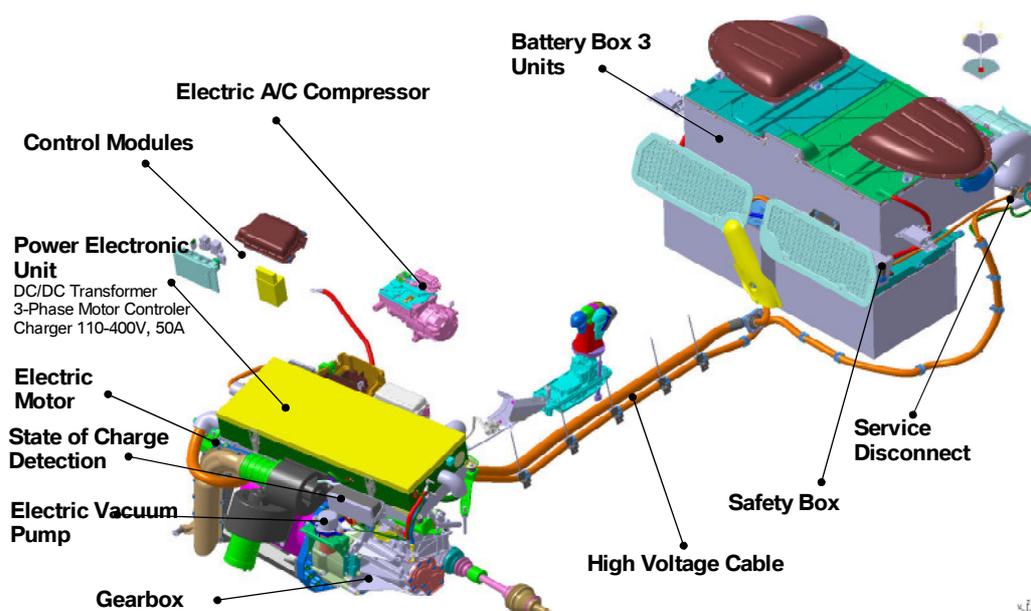


Abbildung 4 Batterie und Hochvoltkomponenten - MINI E

Weitere Aufgaben bei der Fahrzeugherstellung waren das Aufspielen der Software und das Programmieren der Hardware, die Inbetriebnahme der Hochvoltkomponenten sowie das Testen des Gesamtfahrzeuges. Die Montage und Inbetriebnahme der Fahrzeuge bei BMW wurde komplett separiert von den Standardprozessen in eigenen Räumlichkeiten unter zu Hilfenahme zahlreicher Spezialisten durchgeführt.

Eine besondere Herausforderung stellte die Entwicklung einer kundentauglichen Verbindung zwischen Fahrzeug und Ladekabel dar. Die existierenden Lösungen in diesem Bereich zeichneten sich durch den Mangel aus, dass die Verbindung zwischen Fahrzeug und Ladekabel nicht gesichert ist. Um zu verhindern, dass während des Ladevorgangs ein Unbefugter die Verbindung zwischen Fahrzeug und Ladekabel trennt, musste ein geeignetes Verriegelungskonzept entwickelt werden.

Im Einzelnen fielen folgende Aufwände an:

- **Herstellung Basisfahrzeug in Oxford:** Herstellung Basisfahrzeug ohne Antriebsstrang sowie Modifikationen für die Elektrifizierung (z.B. Verstärkung der Karosserie)
- **Montage im Werk München:** Einbau E-Antrieb, Batteriemodule und Leistungselektronik, Aufspielen des Software, Inbetriebnahme der Hochvoltkomponenten sowie testen des Gesamtfahrzeuges
- **Neu entwickelte Teile** (außer PEU, Module & Motor): Einbau neu konzipierter Teile für die Integration der obengenannten E-Antriebskomponente in einem konventionellen MINI Fahrzeugträger
- **Fahrzeug Logistik Oxford nach München**
- **Bezug Batteriemodule inklusive Sondertransport:** Paketierung der Batterieeinheiten anhand der gelieferten E-Speicher Module
- **Bezug E-Motor**
- **Bezug Leistungselektronik mit integriertem Ladegerät (inkl. Logistik)**

Wesentliche Gesamtprozesse welche für die Realisierung der MINI E Erprobungsträger waren die Steuerung der Produktion mit der neuartigen Montage und Elektrifizierung der Erprobungsträger sowie die Qualitätssicherung mit der Hochvolt-Inbetriebnahme der Fahrzeuge.

Die Elektrifizierung der 50 MINI E Versuchsträger erfolgte am BMW Werksstandort München unter speziellen Bedingungen für die Montage und Inbetriebnahme von Hochvoltkomponenten. Die zeitgerechte Auslieferung der MINI E ab 05/2009 war die Voraussetzung für die Übergabe der kompletten Fahrzeugflotte an 50 ausgewählte Nutzer in Berlin am 22.06.2009.

In 02/2009 wurden die ersten vier von 50 MINI E in Berlin testweise eingesetzt. Darüberhinaus tragen Erkenntnisse aus der Herstellung der Fahrzeuge wesentlich dazu bei, die BMW Produktion im Umgang mit Elektrofahrzeugen zu qualifizieren.

## **6.3 Task 2.2 – Datenlogger und zentrale Datenerfassung**

### **6.3.1 Zielsetzung Task 2.2**

Neben der Bereitstellung von E-Fahrzeugen und der entsprechenden Ladeinfrastruktur ist eine Aufzeichnung der real gewonnenen Daten im Feldversuch unabdingbar. Erst durch die Verfügbarkeit von realen Felddaten können auch die in diesem Forschungsprojekt gestellten Fragen zu Energieauswirkungen durch Technologie in Kundenhand wirklich beantwortet werden. So können hiermit z.B. real verbrauchte Kilowattstunden und tatsächlich gefahrene Kilometer in Beziehung gesetzt werden, und ermöglichen somit den Input für valide Simulationsmodelle mit denen zukünftige Energieszenarien abgeschätzt werden können.

Ziel ist die Spezifikation, Vorbereitung und Durchführung der objektiven Datenerfassung der Testfahrzeuge im experimentellen Betrieb und Bereitstellung der Daten für die wissenschaftliche Begleitung.

### **6.3.2 Realisierung Task 2.2**

Durch den neuartigen Charakter der hier zu vermessenden Fahrzeuge ist eine Applikation der bereits bekannten Lösungen zur Aufzeichnung von technischen Fahrzeugdaten nicht möglich. Es musste eine spezifisch auf die Anforderungen des Projektes zugeschnittene Lösung erarbeitet werden.

In einem ersten Schritt musste im Vorfeld der Datenerfassung entsprechend der zu beantwortenden Forschungsfragen des Projektes die Auswahl der Hardware getroffen werden. Die so spezifizierte Aufzeichnungshardware (CSM UniCAN 2 Datenlogger) und die aufzuzeichnenden Fahrzeugparameter wurden in einem Vorversuchsträger auf ihre Tauglichkeit und Passung zur Erreichung der Projektziele exemplarisch überprüft. Anschließend konnte die Hard- und Software in die Fahrzeuge für den Feldversuch integriert werden. Dies wurde in enger Kooperation mit den spezialisierten Dienstleistern Semcon, Tesis, Kämmerer und Volke durchgeführt.

Die Koordination der für das Projekt benötigten Auswertungen zur Bereitstellung der Fahrzeugdaten wurde mit den verantwortlichen Stellen, sowie den Konsortialpartnern

abgestimmt. Hier wurde auf die Erfahrung von bereits vorhergehenden Vermessungsprojekten aufgesetzt. Die Infrastruktur zur Sammlung, Aufbereitung und Verarbeitung der aufgezeichneten Fahrdaten konnte verwendet werden. Diese beinhaltet matlabbasierte Tools. Damit ist es u.a. möglich durch intelligentes Scanning bestimmte Events im Fahrbetrieb auszuwerten und den Verbrauch, das Fahrprofil und das Ladeverhalten zu analysieren. Um die tagesaktuelle Bereitstellung der über die Datenlogger in den Kundenfahrzeugen gewonnenen Daten sicherzustellen, wurden die Fahrzeuge mit entsprechenden Mobilfunkmodems ausgestattet. Die Daten wurden auf einem zentralen Server gesammelt, zur Analyse aufbereitet und zur weiteren Auswertung im Rahmen von Arbeitspaket 3 bereitgestellt.

Durch diese Schritte wurde eine zuverlässige objektive Datenerfassung und Datenaufbereitung während des Vorhabens sichergestellt.

## **6.4 Task 2.3 - Betrieb der Fahrzeuge und Betreuung der Nutzer im Feldtest**

### **6.4.1 Zielsetzung Task 2.3**

Für die aus den Projektzielen im Arbeitspaket 2.0 abgeleitete Experimentalumgebung musste garantiert werden, dass diese über den gesamten Zeitraum der Untersuchung konstant bleibt und damit eine valide Datenaufzeichnung ermöglicht. Neben der technischen Realisierung einer entsprechenden Fahrzeuglösung, war ein wesentlicher Erfolgsfaktor bei der zentralen Aufgabenstellung in diesem Arbeitspaket die Betreuung der Nutzer, nicht zuletzt um die Sicherheit der in diesem Feldversuch eingebundenen Nutzer und anderer Verkehrsteilnehmer gewährleisten zu können.

Der Einsatz von Elektrofahrzeugen bei Nutzern als Versuchsumgebung erforderte die Sicherstellung von Betrieb und technischer Betreuung der Fahrzeuge am Einsatzort Berlin. Ferner wurden die Betriebsvoraussetzungen für eine Fahrzeugübernahme durch einen privaten Nutzer beschrieben. Bei einem Nutzerwechsel für die zweite Nutzungsphase stellten technische Begutachtungen den einwandfreien Zustand der Fahrzeuge sicher.

Die hier gestellten Anforderungen an den Betrieb einer solchen Experimentalumgebung und die technische sowie kaufmännische Betreuung der Probanden erforderten das Aufsetzen und die Anwendung bisher unbekannter Kunden-, Betriebs- und Betreuungsprozesse.

Im Unterschied zu etablierten Prozessen des Fahrzeugbetriebs und der Fahrzeugbetreuung wurden folgende Umfänge für den Flottentest gemäß der anfangs definierten Aufgabenstellung neu aufgesetzt:

- Sicherstellung der Voraussetzungen hinsichtlich der elektrotechnischen Hausinstallation bei Nutzern
- Schaffung der vertraglichen und rechtlichen Voraussetzung für die Durchführung des Flottentests in der Öffentlichkeit
- Technische Befähigung der Nutzer im Umgang mit einem Elektrofahrzeug
- Technische Befähigung der herkömmlichen Serviceorganisation im Umgang mit Hochvolt-Komponenten im automotiven Kontext

- Betreuung der Nutzer entsprechend der Forschungsziele
- Kaufmännische Betreuung der Nutzer während des gesamten Testzeitraumes

### 6.4.2 Realisierung Task 2.3

Technische Aufgaben bei der Sicherstellung der konstanten Betriebsbereitschaft der Versuchsumgebung und somit der technischen Unversehrtheit der Fahrzeugflotte beinhalteten die Durchsicht / Inspektion der Fahrzeuge, eine entsprechende Ausfallunterstützung, die Bereitstellung von Ersatzfahrzeugen, eine Fehleranalyse sowie Reparatur und Instandhaltungstätigkeiten. Darüber hinaus erforderte der Betrieb der Fahrzeuge vor Ort beim Nutzer eine entsprechende Fahrzeugdisposition, eine effiziente Einsatzsteuerung der Fahrzeuge, die individuelle Dokumentation pro Fahrzeug und pro Nutzer, sowie den Vertragsabschluss und Abrechnungsmodalitäten.

Um eine valide wissenschaftliche Aussage in Bezug auf die hier hergestellte Experimentalumgebung mit den Fahrzeugen und realen Nutzern garantieren zu können, wurden in dem Vorhaben verschiedene Aktivitäten durchgeführt:

1. Im Rahmen der technischen und vertraglichen Einsatzvorbereitung wurden zunächst nach der Nutzeridentifikation (s. Task 3.3) die Voraussetzungen bei jedem einzelnen Nutzer für den Betrieb von E-Fahrzeugen geprüft bzw. hergestellt. Hierbei handelte es sich vor allem um die Beurteilung der elektrischen Versorgung an geplanten Standorten einer Ladestation (d.h. Autostrombox zuhause oder am Arbeitsplatz) und deren technischen Vorbereitung. Des Weiteren wurden sämtliche vertragliche Voraussetzungen für die Fahrzeugübernahme sichergestellt, wie der Abschluss eines Nutzungsvertrages, die Orientierung bezüglich der Einsatzbedingungen und Haftungsregelungen, besondere Nutzungshinweise und die Betreuung im Betrieb.
2. Nach Klärung aller elektrischen Einsatzvoraussetzungen erfolgte daraufhin die Auslieferung des E-Fahrzeuges an den Nutzer. Aufgrund der Besonderheiten des hier eingesetzten Fahrzeugtyps musste eine spezielle Einweisung der Nutzer in die besonderen Betriebsbedingungen, die Bedienung nicht-seriengleicher Komponenten sowie die Schnittstelle zur Infrastruktur erfolgen. Dies erfolgte unter ständiger Begleitung der wissenschaftlichen Partner.
3. Sobald die Nutzer ihre Fahrzeuge im Kontext des experimentellen Settings bewegten, mussten sämtliche erforderlichen Serviceleistungen während der Nutzung bereitgestellt werden. Anders als bei herkömmlichen Fahrzeugen kamen in diesem Pilotversuch spezialisierte mobile Servicekräfte zum Einsatz, die aufgrund des neuartigen Hochvolt-Technologiepakets speziell auf diese Einsatzsituation geschult und für diese Aufgaben bereitgestellt wurden. Des Weiteren wurde im Unterschied zu aktuellen Werkstätten eine Serviceumgebung geschaffen, in der die Testfahrzeuge unter sicheren Bedingungen und nach den bestehenden Servicestandards gewartet und instandgehalten wurden. Hierzu wurden separate Flächen in der BMW Niederlassung in Berlin genutzt.
4. Bei einem Fahrerwechsel und der Übergabe eines Fahrzeugs an einen weiteren Nutzer wurde das Technologiepaket im Fahrzeug einer abschließenden technischen Begutachtung unterzogen. Darüber hinaus wurde das Fahrzeug für einen erneuten Einsatz wieder aufbereitet.

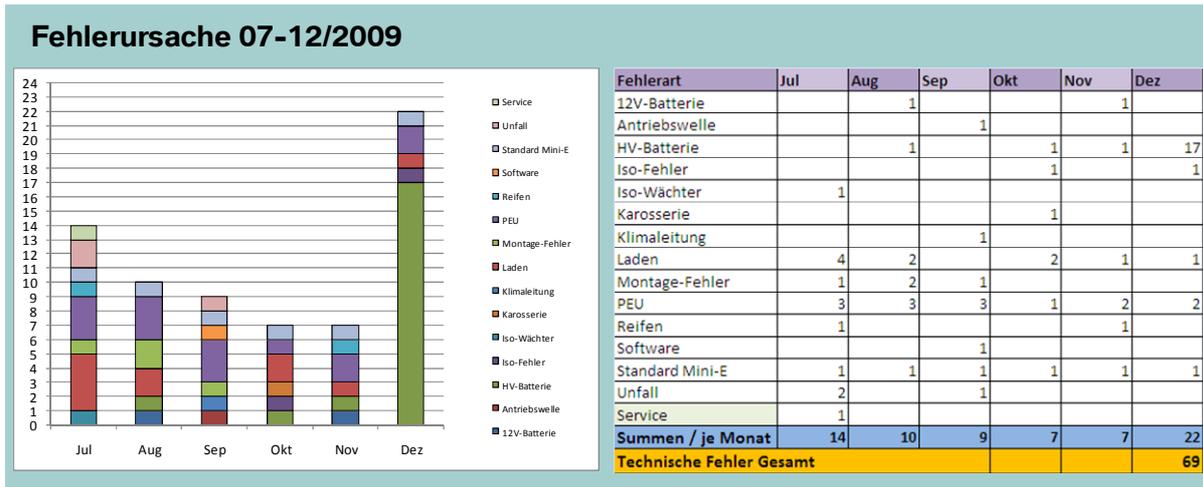
Gemäß der einzeln geplanten Teilarbeitspakete wurden während der Projektlaufzeit folgende Aufgabenumfänge realisiert:

- Organisation der Betriebs- und Betreuungsstruktur am Standort Berlin
- Servicebetreuung der Prototypen im Feldtest, Schulung der Fahrzeugnutzung
- Auswahl und persönliche Betreuung der Probanden
- Befähigung der Service-Organisation für Hochvolt
- Kaufmännische Betreuung Probanden im Feldtest
- Flottenmanagement und Einsatzsteuerung

Im Ergebnis wurden gemäß des Vorhabens folgende Ziele erreicht:

- Set-up und termingerechte Kommunikation der 1. Bewerbungsphase (ab 02/2009)
- Befähigung sowie Inbetriebnahme der Service- und Betreuungsorganisation am Standort Berlin (ab 04/2009)
- Technische Befähigung und Einweisung der Nutzer der 1. und 2. Phase inklusive der Übergabe der Prototypen (06/2009) sowie Rücknahme am Ende des Vorhabens.
- Set-up und Kommunikation der beiden Bewerbungsphasen
- Rücknahme der Prototypen nach der ersten Nutzungsphase inklusive umfassender technischer Begutachtung sowie Wiederaufbereitung für die zweite Nutzungsphase (01/2010)
- Technische Befähigung und Einweisung der Nutzer der 2. Phase inklusive der erneuten Ausgabe der Prototypen (ab 02/2010)

An dieser Stelle soll erwähnt werden, dass die kritischen Arbeiten an den Hochvoltumfängen in München durchgeführt wurden, da die technischen Experten und notwendigen Einrichtungen am Standort Berlin nicht vorgehalten wurden. Die Ressourcen- und Kostenumfänge für die Einrichtung des Servicehub in München waren nicht in der Kostenkalkulation für das Vorhaben berücksichtigt. Aus der Abbildung 5 ist exemplarisch der technische Status bzw. Reparaturumfang im Zeitraum Juli bis Dezember 2009 dargestellt.



### Fahrzeugstatistik

Statistik / Kenngröße	Wert
Technische Fehler Gesamt	65
Häufigkeit Werkstattbesuch	69
Häufigkeit Werkstattbesuch je Fzg	1,33
Davon Liegenbleiber	30
Davon HV-Umfang und Transport nach München	10

**Abbildung 5 Exemplarische Fehlerursachen MINI E 07-12/2009**

Hieraus ist unter anderem ersichtlich, dass es sich bei den eingesetzten Elektrofahrzeugen um Erprobungsträger auf Basis einer einmalig produzierten kleinen Charge handelt und nicht um vergleichbare Qualität serientauglicher Produkte handelt. Wir bitten an dieser Stelle um vertrauliche Behandlung der Darstellung.

## 6.5 Task 3.1 – Wissenschaftliche Integration

### 6.5.1 Zielsetzung Task 3.1

Das Vorhaben bot die einzigartige Möglichkeit, Anforderungen und Aufbau von Infrastruktur im Zusammenhang mit Elektromobilität im Kontext erneuerbarer Energien und realen Nutzungsszenarien zu untersuchen. Dies beinhaltete zahlreiche verhaltens- und sozialwissenschaftliche Aspekte, die im Rahmen einer fundierten wissenschaftlichen Studie untersucht wurden. Die Erfassung und Abstimmung der Forschungsfragen aller Projektteilnehmer unter Berücksichtigung bereits vorliegender wissenschaftlicher Kenntnisse auf dem Gebiet der Elektromobilität war Zielsetzung dieses Tasks.

### 6.5.2 Realisierung Task 3.1

Um hier ein konsolidiertes Vorgehen zu ermöglichen, kam in diesem Projektabschnitt ein Excel-Tool zum Einsatz mit Hilfe dessen eine geeignete Strukturierung der Fülle aller Forschungsfragen erreicht werden konnte.

Dafür wurden in dem Projekt folgende Schritte durchgeführt:

- a) In gemeinsamen Workshops wurden zunächst die Gesamtheit aller Forschungsfragen aller Partner gesammelt und festgehalten.

b) Die Summe aller so generierten Forschungsfragen wurde anschließend strukturiert und Themenbereiche identifiziert. Hierbei ergaben sich die wichtigsten identifizierten Themencluster wie folgt:

- Nutzer (Wer waren die Bewerber, wer nutzt E-Fahrzeuge)
- Erwartungen (Welche positive und negative Erwartungen bestehen in Hinblick auf die neue Technologie)
- Verhalten mit E-Fahrzeug (Wie verhält sich der Nutzer tatsächlich im Alltag mit dem E-Fahrzeug und wie nimmt er dieses subjektiv wahr, welchen Einfluss hat die vorhandene Reichweite)
- E-Fahrzeug spezifische Eigenschaften (Wie werden bestimmte Aspekte des E-Fahrzeugs vom Nutzer wahrgenommen wie etwa Akustik, Rekuperation, E-Antrieb)
- Laden (Laderoutinen, Ladeverhalten, Bewertung der Kabellösung zum Laden)
- Ökologische Relevanz (welchen Einfluss auf die Nutzerwahrnehmung haben der Einsatz von erneuerbaren Energien bei Elektrofahrzeugen)
- CarSharing (prinzipieller Nachweis der Alltagstauglichkeit und Nutzerakzeptanz von E-Fahrzeugen im CarSharing)
- Allgemeine Einschätzung der Vor- und Nachteile von Elektromobilität (Welche Eigenschaften stellen die Stärken und Schwächen dieser neuen Technologie aus Sicht der Nutzer dar, welche Barrieren bestehen aus Nutzersicht)

c) Aufgrund der Vielzahl (ca. 700) der so gewonnenen Einzelfragestellungen mussten diese in einem weiteren Schritt von allen Projektpartnern einzeln nach ihrer Wichtigkeit priorisiert werden. Anschließend wurden diese Priorisierungen zusammengefasst und eine Kategorisierung der Fragestellungen nach ihrer Wichtigkeit vorgenommen.

d) Die Kategorisierung der Fragestellungen nach ihrer Dringlichkeit und Relevanz für die Fragestellungen der Elektromobilität dienten als Grundlage zur Auswahl und Ausarbeitung der in der Feldphase eingesetzten Forschungsmethoden. Hier wurden in einem nächsten Schritt die geeigneten empirischen Datenerhebungsinstrumente beschrieben, entwickelt und ausgewählt. Es erfolgte eine Zuordnung der jeweiligen Fragestellungen zu einer entsprechenden Methodik.

Während der gesamten Projektlaufzeit wurden die so gewonnene initiale Sammlung der Fragestellungen kontinuierlich entsprechend aktueller Erkenntnisse und Erfahrungen angepasst und erweitert sowie in regelmäßigen Abständen mit den Zielsetzungen aller Konsortialpartner abgeglichen.

## **6.6 Task 3.2 – Evaluierungskonzept**

### **6.6.1 Zielsetzung Task 3.2**

Aufgrund des innovativen Charakters dieses Projektes, insbesondere im Bereich der Zusammenarbeit von Energieversorger und Automobilindustrie, stellte sich erstmalig die Herausforderung einer Verknüpfung unterschiedlicher Informationsquellen zur

Beobachtung der Nutzer bei der Nutzung des Mobilitätskonzeptes Elektromobilität. Dieses beinhaltete neben der Erfassung der fahrzeugseitigen Informationen auch die Erfassung von Informationen aus der Infrastruktur. Beide Quellen sollten dann auch noch an den jeweiligen subjektiven Erfahrungen der Nutzer gegengespiegelt werden. Durch diesen Umstand ergaben sich teilweise gänzlich neue Anforderungen an das in diesem Projekt eingesetzte Evaluierungskonzept, welche nicht durch bereits bestehende und verfügbare Forschungsmethoden abgedeckt werden konnten.

Ziel dieses Arbeitspaketes war die Entwicklung eines neuen Evaluierungskonzeptes, das die neuartigen Erfahrungen der Nutzer von Elektromobilität erfassen und bewerten konnte und dem Erlebniskontext aus Energieversorgung und Mobilität gerecht wurde. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Untersuchung von Akzeptanz und Einstellungen zu erneuerbaren Energien, um die Nachhaltigkeit eines solchen Gesamtkonzeptes positiv beeinflussen zu können.

### 6.6.2 Realisierung Task 3.2

Ein zentraler Punkt bei der Erarbeitung der Methodik war die Definition von geeigneten Erhebungszeitpunkten während der jeweiligen Testphase der Nutzer. Hier wurde ein Verfahren gewählt, dass insgesamt drei Erhebungszeiträume beinhaltete (vgl. Abbildung 6). Einen ersten Erhebungszeitpunkt vor der eigentlichen Nutzung des Elektrofahrzeugs, einen Erhebungszeitpunkt in der Mitte des Nutzungszeitraums und einen Erhebungszeitpunkt am Ende der Nutzungsphase. Ein solches Vorgehen ermöglicht es eventuelle Veränderungen im Verhalten und Erleben mit der Technologie zu dokumentieren und aufzuzeigen.

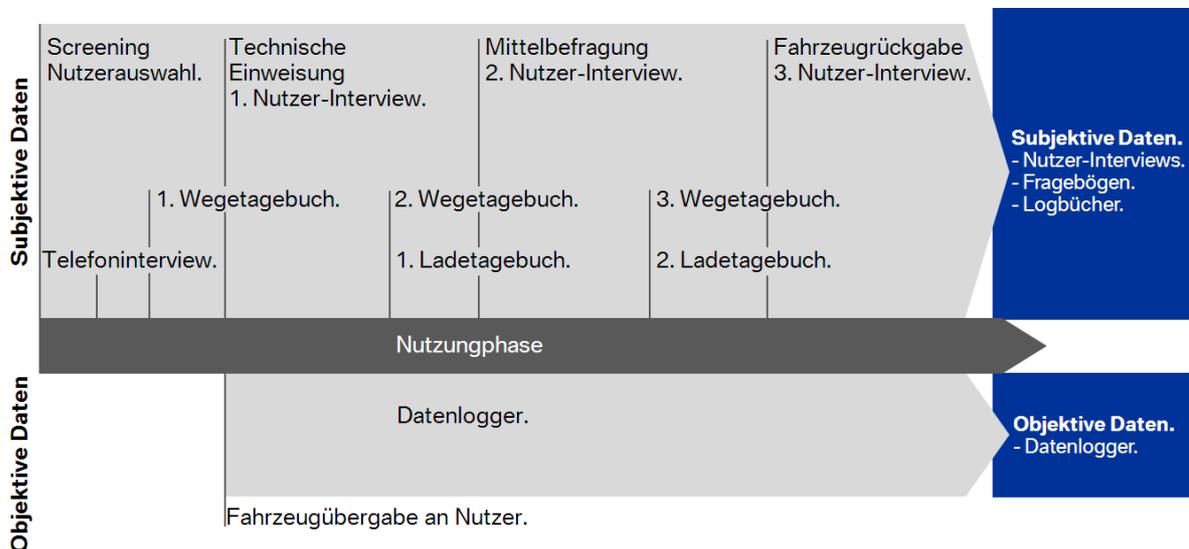


Abbildung 6: Methodenüberblick MINI E Berlin

Die Fahrzeuge wurden während des gesamten Nutzungszeitraums kontinuierlich mit den verbauten Datenloggern vermessen. Zu den jeweiligen Erhebungszeiträumen kamen zudem weitere sozialwissenschaftliche Erhebungsinstrumente zum Einsatz. Diese wurden aufgrund des neuartigen Themenfeldes größtenteils für dieses Projekt neu konzipiert entwickelt. Im Folgenden soll eine Übersicht der verwendeten Methoden erfolgen. Für

eine detaillierte Darstellung der verwendeten sozialwissenschaftlichen Methoden sei an dieser Stelle auf den Abschlussbericht der TU Chemnitz verwiesen.

## **Fragebögen**

Die konzipierten Fragebögen wurden zu drei Zeitpunkten während der Feldphase eingesetzt, vor der Nutzung des MINI E sowie nach drei und sechs Monaten Nutzungsphase. Während es im Fragebogen, welcher vor der Nutzung des MINI E von den Probanden ausgefüllt wurde, hauptsächlich um Fragen zu den Erwartungen und Meinungen bezüglich Elektrofahrzeugen und Elektromobilitätssystemen ging, standen bei den Fragebögen nach drei und sechs Monaten die von den Nutzern innerhalb der Feldphase gemachten Erfahrungen mit Elektromobilität im Vordergrund. Hierdurch sollte die Analyse von Entwicklungsverläufen gewährleistet werden, die es ermöglicht, Einstellungen, Erwartungen, etc. im Projektverlauf zu messen und eventuell auftretende positive wie negative Veränderungen zu identifizieren.

Neben „geschlossenen“ Fragen waren sogenannte „offene Fragen“ Bestandteil der Befragung, die den E-Nutzern die Möglichkeit bieten sollten, über den Fragebogen hinausgehende Statements in die Befragung zu inkludieren.

Die in den Fragebögen inbegriffenen Fragen fokussierten auf die Themenschwerpunkte Mobilität, Akzeptanz, Laden, Ökologische Relevanz sowie um Elektrofahrzeugspezifische Aspekte.

## **Interviews**

Neben den erwähnten Fragebögen wurden die ausgewählten Probanden ebenfalls in Form von Interviews zu befragen. Dieser Erhebungspart wurde in zwei differierende Teile aufgesplittet, nämlich in telefonische Interviews sowie in Face-to-Face-Interviews.

In einem ersten Schritt wurden die MINI E Nutzer telefonisch, direkt im Anschluss an die erfolgreiche Unterzeichnung der Nutzerverträge, interviewt. Hierbei ging es vorrangig darum, die zentralen Aspekte zur individuellen Teilnahmemotivation am Pilotprojekt, die damit verbundenen Erwartungen und Befürchtungen sowie die persönlichen Einstellungen zum Thema Umwelt zu identifizieren. Außerdem wurde so unter anderem sichergestellt, dass ein direkter Kontakt zwischen Wissenschaftlicher Begleitung (TUC) und den Nutzern hergestellt und gefestigt wird. Im Rahmen der zweiten Feldphase wurden dann die telefonischen Interviews auf die Vorstellung der wissenschaftlichen Begleitforschung (TUC) und die Terminvereinbarung für die Einweisung in das Fahrzeug beschränkt. Die weiterführenden oben genannten Fragen wurden im zweiten Nutzungszeitraum in einer Vorabbefragung quantitativ im Rahmen eines per Post zugestellten Fragebogens erhoben.

Die bereits beschriebene Planung für die Privatanutzer sah es vor, leitfadengestützten Face-to-Face-Interviews, ebenso wie die Fragebögen zu den beschriebenen drei Zeitpunkten einzusetzen. Dies geschah unmittelbar vor dem ersten Kontakt mit dem MINI E, nach drei Monaten Nutzung sowie im Rahmen der Rückgabe des E-Fahrzeugs. Dabei waren die gewählten Themenschwerpunkte die Erwartungen, Einstellungen und Erfahrungen in Bezug auf die Elektromobilität. Diese Methode hatte den Vorteil, dass umwelt- und technikbezogene Mindsets der Nutzer herausgearbeitet werden konnten. In einem weiteren Schritt boten sie die Möglichkeit, im weiteren Verlauf der Datenerhebung verstärkt quantitativ und Hypothesen testend zu verfahren, da entscheidende Themenbereiche zuvor qualitativ identifiziert wurden.

## Wege- und Ladetagebücher

Als Zusatz zu den oben beschriebenen Befragungen wurden, Wege- sowie Ladetagebücher von den Privatnutzern jeweils für einen im Vorfeld definierten Zeitraum geführt.

Die Wegetagebücher wurden vor der Fahrzeugübergabe, nach drei Monaten MINI E-Nutzung und schließlich erneut bei Rückgabe des Fahrzeugs von den Privatnutzern ausgefüllt. Als Ziel wurde ausgegeben, durch den Einsatz der Wegetagebücher die individuellen Mobilitätsmuster der einzelnen MINI E Nutzer zu beleuchten. Aus eben diesem Grund wurden Zeitpunkte, Dauern, Entfernungen sowie Zwecke von Wegen, die im Verlauf einer vorher benannten Woche von den Nutzern zurückgelegt wurden, erfasst. Durch die Tatsache, dass die Nutzer bereits beim Fahren ihres eigentlichen Fahrzeugs, also vor Übergabe des MINI E, ein Wegetagebuch führten, konnte davon ausgegangen werden, dass wichtige detaillierte Informationen über das eigentliche Mobilitätsverhalten der ausgewählten Nutzer generiert wurden. Diese wurden dann in einem weiteren Schritt mit den später gewonnenen Ergebnissen, die im Rahmen der MINI E Nutzung entstanden, verglichen. Aus Sicht der Wissenschaftlichen Begleitung entstand so die essentiell wichtige Möglichkeit, die Veränderungen in Bezug auf das individuelle Mobilitätsverhalten, die im Rahmen der Nutzung des Elektrofahrzeugs entstanden sind, zu identifizieren.

Die zusätzlich zu den Wegetagebüchern auszufüllenden Ladetagebücher wurden nach drei Monaten MINI E Nutzung und zum Ende des Nutzungszeitraums einwöchig von den Privatnutzern ausgefüllt. Ziel war es, sämtliche initiierte Ladevorgänge inklusive der SOC-Anzeigenstände vor und nach dem Ladevorgang innerhalb dieser einen Woche zu dokumentieren und zu analysieren. Außerdem wurde, der jeweilige Ladeanlass von den Nutzern dokumentiert. Hierdurch wurde die Lademotivation ersichtlich. Das Ziel war hier, auf diese Weise differierende Ladegründe und natürlich auch Ladebarrieren zu identifizieren um damit die Chancen von neuartigen, innovativen Ladekonzepten zu testen.

Um die Chance zu haben, eine größere Anzahl an tiefgehenden Ladevorgangsinformationen zu erhalten, wurden in der zweiten Nutzungsphase die Zeiträume zum Ausfüllen der Ladetagebücher von bisher einer auf dann zwei Wochen ausgedehnt.

Im Bereich der Flotten sind von den Privatnutzern abweichende Erhebungsmethoden zum Einsatz gekommen. Im Interessensfokus standen bei der Planung der Feldphasen zwei Einsatzbereiche für die Elektrofahrzeuge. Zum einen ging es um den Bereich des Carsharings, zum anderen um die Einsatzmöglichkeit innerhalb von Unternehmensfuhrparks als Flottenfahrzeug. Beide Gruppen wurden von der wissenschaftlichen Begleitforschung zu ihren Erfahrungen mit Elektromobilität befragt. Aufgrund der größeren Stichprobe waren ausschließlich quantitative Verfahren geplant.

Zur Befragung der Fuhrparknutzer wurde ein Online-Fragebogen mit den Themenschwerpunkten Akzeptanz, Mobilität, Laden, ökologische Relevanz, elektrofahrzeugspezifische Aspekte sowie fuhrparkspezifische Fragestellungen eingesetzt.

Im Rahmen der Flottenerprobung im Car-Sharing-Bereich wurde ein Fragebogen vor der ersten Fahrt mit dem MINI E, ein kurzer Fragebogen nach der ersten Buchung sowie ein Online-Fragebogen nach 12 Monaten von den Nutzern ausgefüllt.

Um einen entsprechenden Abgleich zwischen den gewonnenen Fahrzeugdaten und den in den sozialwissenschaftlichen Methoden erfassten Daten zu ermöglichen, wurde ein

entsprechendes Datenformat genutzt. In diesem konnten die Daten jedes einzelnen Fahrzeugs dem jeweiligen Nutzer dieses Fahrzeugs zugeordnet werden. Dieses Datenformat diente auch dem Abgleich mit den Daten aus den öffentlichen und privaten Ladesäulen. Hier konnte jedem Ladevorgang mit einem bestimmten Fahrzeug ein Ladevorgang an einer bestimmten Ladesäule zugeordnet werden. Die so ermittelte Datenbasis ermöglichte es, die jeweiligen Forschungsschwerpunkte jedes Konsortialpartners getrennt und doch konsolidiert zu bearbeiten.

## **6.7 Task 3.3 – Nutzerauswahl**

### **6.7.1 Zielsetzung Task 3.3**

Die Herausforderung bei der Ausgangslage des Feldversuchs war die Auswahl einer repräsentativen und wissenschaftlich fundierten Stichprobe für das Testfeld in Berlin, da hier von den in der Stichprobe gewonnenen Daten auf die Allgemeinheit aller potentiellen Nutzer einer solchen Technologie geschlossen werden sollte.

### **6.7.2 Realisierung Task 3.3**

Entsprechend der Zielsetzung des Projektes wurden zunächst alle vorhandenen Anforderungen an die Auswahl der Kunden von Seiten der beteiligten Partner gesammelt, priorisiert und zusammenfassend dargestellt. Daraufhin ergab sich der folgende Ablauf (s. Abbildung 4):

1. Auf der Grundlage der gesammelten Anforderungen aller Projektteilnehmer erfolgte die Formulierung des entsprechenden Bewerbungsformulars, welches die potentiellen Interessenten online ausfüllen konnten. Man entschied sich bewusst für dieses Onlineverfahren, um der öffentlichen Gesamtheit einen barrierefreien Zugang zu ermöglichen und auf diese Weise einen möglichst großen Bewerberpool zu generieren.
2. Auf diesen so generierten Bewerberpool wurden im nächsten Schritt bestimmte Filterkriterien angewandt, darunter die Überprüfung bestehender harter Ausschlusskriterien (z.B. Wohnort, Mindestalter, Führerscheinbesitz etc.) sowie die Überprüfung technischer Voraussetzungen für die Installation einer Ladeinfrastruktur am Wohnort (z.B. Elektroinstallation, vorhandener Fahrzeugstellplatz etc.).
3. Aus diesem so generierten und allgemein qualifizierten Bewerberpool wurden daraufhin die wissenschaftlichen Kriterien für die Auswahl einer repräsentativen Stichprobe angewandt.
4. Mit dieser definierten Stichprobe wurden konkrete Vertragsgespräche geführt. Aus vielerlei Gründen (zum Teil persönlicher, zum Teil technischer Natur) sind ausgewählte Bewerber während des Anspracheprozesses ausgeschieden. Nachrückende Interessenten durchliefen denselben Qualifizierungs- und Auswahlprozess, sodass alle Probanden unter denselben Voraussetzungen und gemäß des unter allen Partnern gemeinsam verabschiedeten Prozesses akquiriert wurden.

5. Anschließend wurden die so identifizierten Bewerber wie unter Task 2.3 beschrieben für eine Teilnahme am Flottentest „MINI E Berlin powered by Vattenfall“ befähigt.

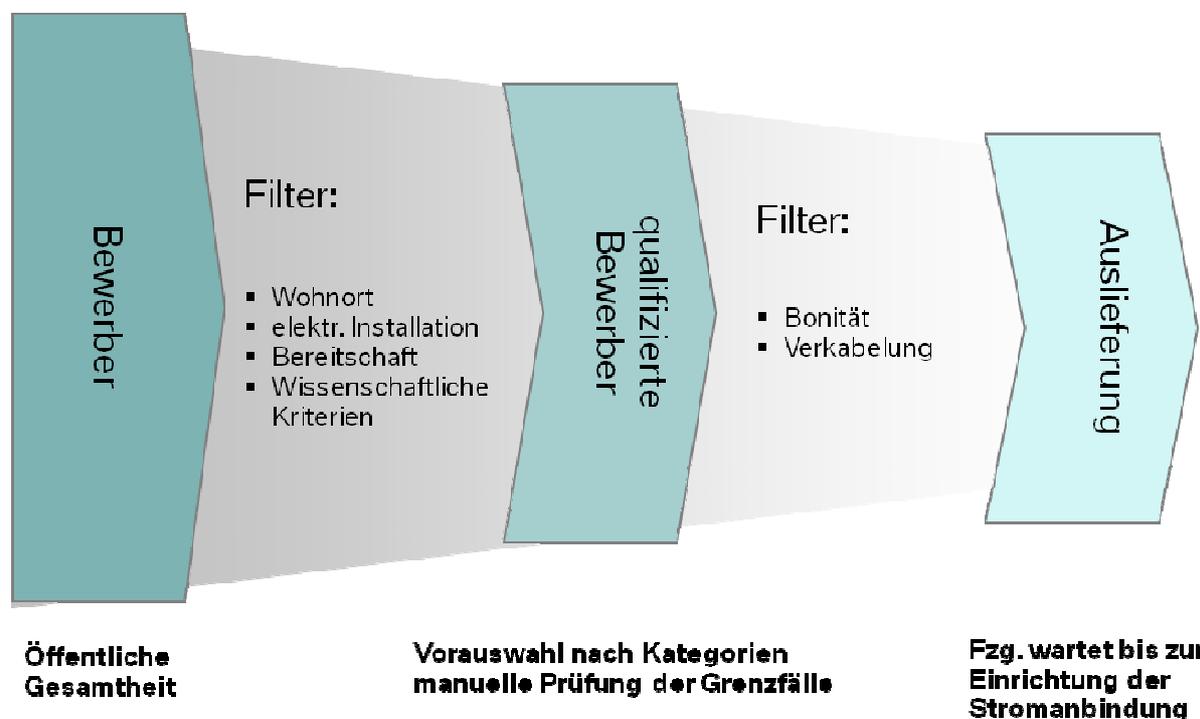


Abbildung 7 Nutzerauswahlprozess

Im Ergebnis wurden die einzelnen vorläufigen Stichproben für Phase eins und Phase zwei wie geplant zum 04/2009 und zum 11/2009 festgelegt. Aufgrund der aufwendigen Prüfung der Teilnahmevoraussetzungen bei jedem einzelnen Testkandidaten vor Ort waren zahlreiche Nachnominierungen notwendig, was zu einer verzögerten finalen Festlegung der beiden Stichproben zum 06/2009 und zum 02/2010 führte.

## 6.8 Task 3.4 – Testfeld Berlin

### 6.8.1 Zielsetzung Task 3.4

Zielsetzung dieses Tasks war es, die in Task 3.2 spezifizierte Evaluierungsmethodik operativ umzusetzen.

### 6.8.2 Realisierung Task 3.4

Gemäß der bereits in Abbildung 6: Methodenüberblick MINI E Berlin vorgestellten und in Task 3.2. skizzierten Prozessschritte konnte das Vorhaben ohne Änderungen am Untersuchungsdesign durchgeführt werden.

#### Nutzerauswahl

Um die Privatanutzer auszuwählen, wurde auf der MINI Website ein Online-Tool geschaltet, das relevante Informationen zum Projekt sowie einen Fragebogen beinhaltete, der für das

Projekt wichtige Daten der Interessenten wie Alter, Geschlecht, Fahrprofil, Teilnahmemotivation etc. abfragte. Interessenten konnten sich durch die Beantwortung der Fragen bewerben und wurden dann nach BMW- und Vattenfall-Kriterien vorgefiltert. Aus diesem Bewerberpool selektierte die TU Chemnitz ein Sample dass von BMW anschließend telefonisch kontaktiert wurde, um die Teilnahmebereitschaft abzuklären. Für die erste Phase bewarben sich 728 Personen und für die 2. Phase 489 Personen, aus denen jeweils 40 Personen für jeden Nutzungszeitraum ausgewählt wurden. Zwischen den zwei Nutzungsphasen fand eine einmonatige Pause statt, um die Fahrzeuge nach der ersten Phase einzusammeln und für die neuen Nutzer wiederaufzubereiten.

### **Datenerhebung**

Die Datenerhebung fand in einem Nutzungszeitraum von zweimal sechs Monaten statt. In zwei verschiedenen Settings, dem Privatnutzer- und dem Flottensetting, wurde die Alltagstauglichkeit, die Akzeptanz und der Umweltnutzen von Elektromobilität näher beleuchtet und evaluiert. Die Befragungen fanden vor Fahrzeugübergabe, während der 6-monatigen Nutzungsphase und nach Fahrzeugrückgabe statt, um sowohl Erwartungen abzufragen, als auch Erfahrungen und Einstellungen der Nutzer im Zeitverlauf beobachten zu können (Abbildung 6). Zur Planung der verschiedenen Befragung und Sicherstellung einer validen Datenerhebung, kontaktierten die Wissenschaftler der TU Chemnitz in Abstimmung mit der BMW Group die Projektteilnehmer und vereinbarten Termine für die Interviews.

### **Vorbefragung**

Vor der technischen Einweisung und dem gleichzeitig stattfindenden ersten persönlichen Interview mit den MINI E-Fahrern, wurde eine telefonische Befragung durchgeführt. Diese diente der Erhebung der Teilnahmemotivation, Erwartungen an die Studie und das elektrische Fahren, Einstellungen zu Umwelt und dem Vorwissen der Fahrer in Bezug auf Elektrofahrzeuge. Ein weiteres Ziel des Interviews war es, einen persönlichen Kontakt zwischen der wissenschaftlicher Begleitforschung und den Nutzern zu etablieren und Termine für die Einweisung in das Fahrzeug abzustimmen.

In der zweiten Nutzungsphase wurde das Telefoninterview gekürzt und auf die Vorstellung der wissenschaftlichen Begleitpersonen und der Terminvereinbarung reduziert. Die weiteren Inhalte wurden in einem Paper-Pencil-Fragebogen postalisch zugeschickt und abgefragt.

Bevor der Termin zur technischen Einweisung zum MINI E stattfand wurden die Teilnehmer außerdem gebeten, ein Wegetagebuch mit ihrem herkömmlichen Fahrzeug im Haushalt zu führen, welches zu späteren Zeitpunkten erneut eingesetzt werden sollte. Ziel dessen war es, erst einmal das typische Mobilitätsverhalten der Nutzer mit ihrem PKW zu erfassen und dann spätere Veränderungen im Mobilitätsverhalten durch die Nutzung des Elektrofahrzeugs feststellen zu können.

Zur technischen Einweisung (Juni 2009 bzw. Februar/März 2010) wurden die MINI E-Nutzer persönlich interviewt, um weitere Erwartungen bezüglich spezifischerer Themen, wie z.B. dem Sicherheitserleben und fahrspezifischer Funktionen, zu erfassen. Nach dem Face-to-Face-Interview absolvierten die MINI E-Fahrer ihre erste Probefahrt, während der sie gebeten wurden „laut zu denken“ und damit erste Eindrücke beim Fahren spontan zu nennen. Anschließend konnten die Fahrer ihre ersten Eindrücke und Erfahrungen in einem Nachinterview zum Ausdruck bringen. Die Interviews dienten zusätzlich zur explorativen

Erforschung verschiedener Themengebiete dazu, neue Fragen für zukünftige Befragungen zu generieren. Neben den Interviews wurden zur technischen Einweisung auch Fragebögen und ein Choice-based Conjoint Verfahren eingesetzt.

### **Mittelbefragung**

Nach 3 Monaten Nutzungszeit fand der nächste persönliche Interviewtermin mit den Nutzern statt. Die Wissenschaftler der TU Chemnitz nahmen erneut mit den Nutzern Kontakt auf, um Termine abzustimmen und die Nutzer zu bitten, vor dem Termin Wegetagebuch und Ladetagebuch auszufüllen. Das Ladetagebuch wurde entwickelt, um zusätzlich zu den objektiven Daten aus den Datenloggern weitere Informationen zum Ladeverhalten der Nutzer zu bekommen wie Zeitpunkt des Ladens, Ort des Ladens, Anlass für das Laden etc.

Auch zur mittleren Erhebung (Oktober 2009 bzw. Mai/Juni 2010) wurden neben dem Face-to-Face-Interview, wie zur technischen Einweisung, ein Fragebogen und ein Choice-based Conjoint Verfahren eingesetzt.

### **Abschlussbefragung**

Die gleiche Vorgehensweise wurde im Dezember 2009/Januar 2010 bzw. August/September 2010 noch einmal wiederholt, um die Erfahrungen nach 6 Monaten zu erfassen und Veränderungen zu den gemachten Aussagen der Mittelbefragung zu den Themen Akzeptanz, Mobilität, Laden, ökologische Relevanz und elektrofahrzeugspezifische Aspekte wie Reichweite und Rekuperation zu erfassen.

Zur Sicherstellung der validen Datenerhebung wurden die Interviews grundsätzlich in ruhiger Umgebung und entspannter Atmosphäre durchgeführt, die benötigten Materialien (z. B. Fragebögen, Bilder) bereitgestellt sowie die erhobenen Daten in einer Datenbank verwaltet. Um eine valide wissenschaftliche Aussage in Bezug auf die hier hergestellte Experimentalumgebung mit den Fahrzeugen und realen Nutzern garantieren zu können wurde gewährleistet, dass die Elektrofahrzeuge wie vorgesehen eingesetzt wurden und die übermittelten Daten fehlerfrei sind.

### **Datenlogger**

Zusätzlich zur Erfassung der subjektiven Daten wurden Datenlogger in den Fahrzeugen installiert, die objektive Daten liefern. Diese Daten konnten als wertvolle Verifizierung und Ergänzung der subjektiven Daten analysiert und interpretiert werden. Die allgemeinen Auswertungen zu den Datenloggerdaten wurden von der BMW AG durchgeführt. Die Datenlogger erfassten Informationen wie Uhrzeit, gefahrene Kilometer, Geschwindigkeiten, Temperatur-, Verbrauchs- und Fahrdaten. Die Studienteilnehmer wurden über diese Datenerfassung informiert und stimmten dieser vor Beginn der Studie schriftlich zu.

Bereits während der Nutzungsphasen fanden Vorauswertungen der Daten statt, in der aus dem Abgleich objektiver und subjektiver Daten ermittelt wurde, ob die Messinstrumente neu angepasst werden müssten.

### **Durchführung im Flottensetting**

Im Flottensetting (Nebensetting) ist der Nutzerkreis pro Fahrzeug erheblich größer und damit die Nutzungsintensität der Fahrzeuge auch stark unterschiedlich. Insgesamt wurden zehn MINI E an Flottenbetreiber verteilt. Sechs Fahrzeuge wurden im reinen Flottenbetrieb

bei Vattenfall eingesetzt, vier Fahrzeuge im Carsharing-Betrieb mit jeweils mehr als 60 Personen, die Zugriff auf die Fahrzeuge hatten. Die Carsharing-Nutzer wurden vor der ersten Buchung des MINI E, direkt nach der ersten Buchung des MINI E und nach 12 Monaten Nutzungszeit per Online-Fragebogen befragt. Die Nutzer der MINI E in der Vattenfall-Flotte wurden nur einmal per Online-Fragebogen befragt, da die Nutzungshäufigkeit sehr niedrig war. Die Forschungsmethodik wurde dahingehend weiterentwickelt, dass auch Potenziale und Herausforderungen der Einsatzmöglichkeiten von Elektrofahrzeugen in Flotten und Carsharing-Betrieben identifiziert und miteinander verglichen werden konnten, um Implikationen für eine weitere Eingrenzung erfolgversprechender Settings für Elektromobilitätssysteme zu generieren.

## **6.9 Task 3.5 – Auswertung Testfeld Berlin**

### **6.9.1 Zielsetzung Task 3.5**

Ziel dieses Arbeitspaketes war es, die in der Feldphase gesammelten objektiven sowie subjektiven Daten mit den entsprechenden quantitativen und qualitativen Methoden zu analysieren und Antworten auf die zuvor gestellten Forschungsfragen des Projektes zu geben.

Für eine detaillierte Betrachtung der in den subjektiven Methoden erfassten Daten soll an dieser Stelle auf den Ergebnisbericht der TU Chemnitz verwiesen werden. Jedoch sollen zu unterschiedlichen Fragestellungen und Themen jeweils referenziell einzelne Ergebnisse mit den erfassten objektiven Fahrzeugdaten in Beziehung gesetzt werden

### **6.9.2 Realisierung Task 3.5**

#### **Datenbasis**

Insgesamt bezieht sich die hier berichtete Datenbasis der Datenlogger auf den Zeitraum vom 22.06.2009-16.09.2010 und auf 80 MINI E (beide Phasen gesamt), die 436.219 km in 47.022 Einzelfahrten zurückgelegt haben. Zur Gegenüberstellung wurden zusätzlich die Daten einer Vergleichsstudie mit einem konventionellen MINI Cooper sowie einem 1er BMW hinzugezogen. Die Daten des MINI Cooper gehen aus einer Messung mit 22 Fahrzeugen im Jahr 2008 hervor, die insgesamt 13.449 Trips und damit 145.030 km gefahren sind. Im Jahr 2006-2007 wurden 18 BMW 116i vermessen, die in insgesamt 13.574 Trips 125.197 km gefahren sind.

#### **Nutzerprofil Privatnutzersetting**

Im Vorfeld des Bewerbungsprozesses wurden von den Projektpartnern differierende Auswahlkriterien für die Nutzerauswahl im Privatnutzersetting bestimmt. Neben der Voraussetzung, dass der potentielle Nutzer eine Unterstellmöglichkeit für den MINI E nachweisen sollte, waren dies die Bereitschaft, den MINI E nach sechs Monaten wieder abzugeben und an Gruppendiskussionen und Einzelinterviews teilzunehmen sowie Wege- und Ladetagebücher zu führen. Außerdem sollten die Nutzer das Sammeln technischer Daten via Datenlogger akzeptieren, den MINI ausschließlich privat nutzen und Wartungstermine akzeptieren, mindestens 400 KM im Monat zurücklegen, mindestens 5 Jahre einen Führerschein der Klasse B besitzen, die Pflicht zur Vertragsunterzeichnung sowie die Installation einer Wallbox akzeptieren, die Bereitschaft zeigen am gesteuerten

Laden teilzunehmen, in Berlin wohnen, einen Internetanschluss zur Verfügung haben sowie bereit sein, eine monatliche Leasingrate für den MINI E zu bezahlen.

Die Auswahl der Stichprobe für das Privatnutzersetting erfolgte aus einem Bewerberpool, der über ein Onlineverfahren gesammelt wurde. Von 728 Bewerbern wurden schließlich 40 Personen für den ersten Nutzungszeitraum des MINI E ausgewählt.

Die Bewerberdaten wurden zunächst auf die oben genannten Einschlusskriterien hin geprüft, die erfüllt sein mussten, um an der Studie teilnehmen zu können. Insgesamt 161 der 728 Bewerber erfüllten alle Einschlusskriterien. In einem nächsten Schritt wurden dann anhand von wissenschaftlichen Kriterien 40 Nutzer ausgewählt, die den MINI E für sechs Monate testen konnten.

Die Kriterien dieser wissenschaftlichen Bewerberselektion waren zum einen die erwartete Fahrleistung in sechs Monaten (Vielfahrer vs. Wenigfahrer) und zum anderen der Haushaltstyp (Elektro- vs. Hybridhaushalt).

Aus den eingegangenen Bewerbungen für die Projektteilnahme im ersten Nutzungszeitraum von Juni 2009 bis Januar 2010 zeigte sich, dass sich mehrheitlich Männer (81 %) für das Projekt interessierten und bewarben. Im Durchschnitt waren die Bewerber 42 Jahre alt, sehr gut ausgebildet und verzeichneten ein überdurchschnittliches Einkommen. Des Weiteren zeigte sich unter den Bewerbern ein hohes Interesse an neuen Technologien. Die Mehrheit der Bewerber besaß einen Zweitwagen und würde den MINI E für das tägliche Pendeln zum und vom Arbeitsplatz nutzen.

Die final ausgewählten MINI E Nutzer sind zu einem überwiegenden Teil männlich (82,5 %), durchschnittlich 48 Jahre alt, sehr gut ausgebildet, leben meist in Zweipersonenhaushalten und haben ein überdurchschnittlich hohes Einkommen. Gefragt nach dem Grund für ihre Bewerbung am Projekt, geben die meisten Bewerber an, dass für sie vor allem die Erfahrung einer neuen nachhaltigen und sauberen Technologie ausschlaggebend war. Als ebenfalls wichtige Gründe werden der Beitrag zum Umweltschutz und mehr Unabhängigkeit vom Erdöl genannt. Weniger wichtig war für die Bewerber die Kostenreduktion für die tägliche Mobilität.

### **Nutzerprofil Privatnutzersetting**

Die final für das Pilotprojekt MINI E Berlin 1.0 ausgewählten Nutzer knüpften die Feldphase vor Nutzungsbeginn an verschiedenste positive wie auch negativ belegte Erwartungen.

Zunächst soll die von den Nutzern erwartete Qualität des Elektrofahrzeugs fokussiert werden. Die MINI E-Nutzer sehen BMW als Premiummarke im Automobilssektor als Garantie für das einwandfreie Funktionieren einer neuartigen Technologie, wie der des MINI E. Dies beruhigt die Probanden und nimmt ihnen sonst vermutbare erste Berührungängste mit dem Elektroantrieb. In Punkto Sicherheit äußerten sich die Nutzer zu großen Teilen sehr positiv und sahen, mit einer Einschränkung, keine gravierenden Unterschiede zu den herkömmlich bekannten Verbrennerfahrzeugen. Einzig das Faktum, dass die Batterie im hinteren Bereich des Fahrzeugs verbaut ist und den Nutzern nicht ausnahmslos bekannt war, welche Auswirkungen dies bei einem eventuellen Unfall haben könnte, brachte diesbezügliche vereinzelte Bedenken zu Tage. In diesem Kontext wurde von einigen MINI E Nutzern der Wunsch nach mehr elektro-spezifischen Informationen, auch außerhalb des Pilotprojekts, geäußert.

Als größte erwartete Nutzungsbarriere wurde von den Nutzern die eingeschränkte Reichweite des Elektrofahrzeugs genannt. Diese liegt bei circa 150 Kilometern. Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass nahezu alle Nutzer in einem weiteren Schritt angaben, dass sie erwarten, trotz der eingeschränkten Reichweite ihre alltäglichen Anforderungen an Mobilität mit dem MINI E abdecken zu können.

Eine weitere Limitation sehen die befragten Nutzer in Bezug auf den begrenzten Sitz- und Stauraum im MINI E. Da das Batteriekonzept im Pilotprojekt im hinteren Teil des Fahrzeugs verbaut ist, ist der MINI E ein Zweisitzer und hat dementsprechend auch einen kleinen Kofferraum. Diese Fakten waren, genau wie die aktuelle erwartbare Reichweite von 150 Kilometern, vor Projektbeginn den Nutzern bekannt.

Die beschriebenen Einschränkungen können, analysiert man die Nutzeraussagen, beispielsweise durch die Verwendung eines weiteren sich im Haushalt befindenden Fahrzeugs, egalisiert werden. Der MINI E kann z.B. als Pendelfahrzeug zum Arbeitsplatz genutzt werden, während größere Einkäufe oder längere Ausflugsfahrten mit einem zusätzlichen Verbrennerfahrzeug erledigt werden.

### **Nutzerverhalten**

Im Folgenden sollen die Ergebnisse zum Nutzerverhalten mit dem MINI E beschrieben und diskutiert werden. Es soll ein besonderer Schwerpunkt auf die Berichterlegung der gewonnenen objektiven Daten aus den Fahrzeugen der Privatnutzer gelegt werden und diese dann in Anschluss mit den von der TU Chemnitz gewonnenen Ergebnissen der subjektiven Befragungen verglichen werden. Generell zeigte sich, dass die Einschätzungen der Nutzer weitgehend mit den objektiven Daten der installierten Datenlogger übereinstimmten.

#### **a) Einzelfahrlängen**

Im Durchschnitt lag die Einzelfahrlänge im MINI E bei 9,9 km pro Fahrt (vgl. Abbildung 8), wobei 81% der absolvierten Fahrten unter 10 km betragen. Nur rund 1% und damit der absolute Ausnahmefall bildeten Fahrten über 35 km. Ein Vergleich mit den zeitgleich erhobenen Daten von Verbrennerfahrzeugen der gleichen Klasse, nämlich MINI Cooper (11,7 km/Fahrt) und BMW 116i (11 km/Fahrt) zeigte fast keine Abweichung des Nutzungsverhaltens hinsichtlich der Einzelfahrlänge bei MINI E-Kunden.

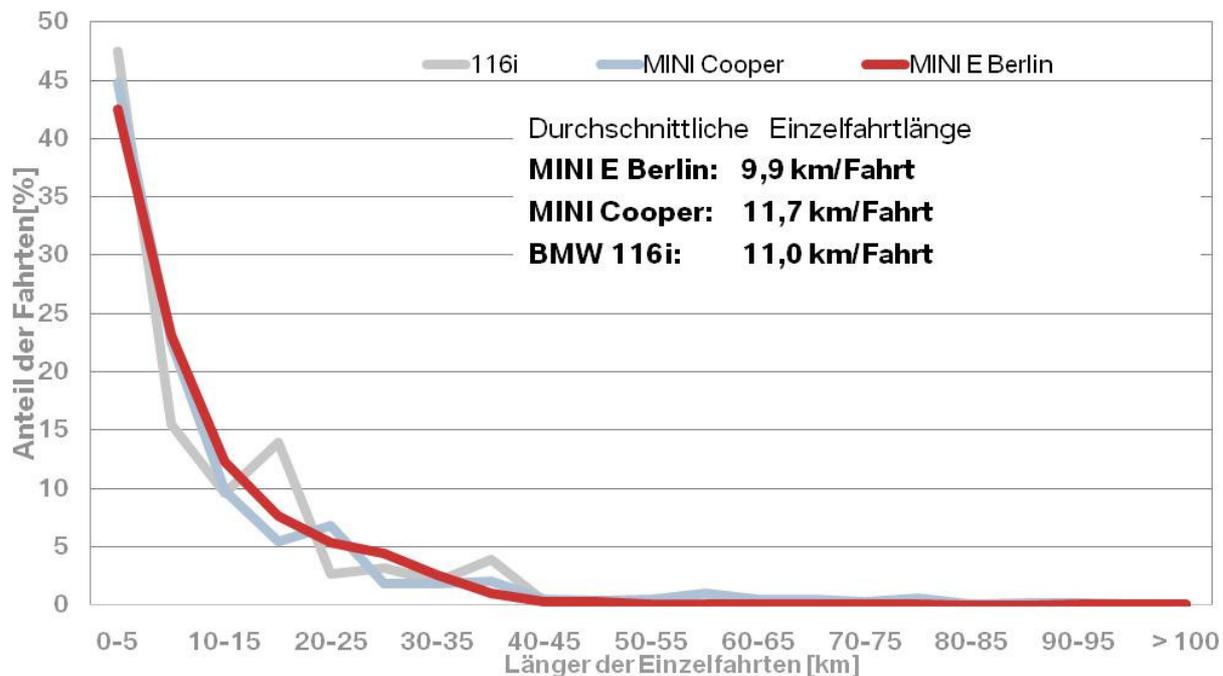


Abbildung 8: Einzelfahrtlängen im Vergleich

### Gefahrene Kilometer pro Tag

Auch bei den gefahrenen Kilometern pro Tag ergaben sich nur geringe Abweichungen (Abbildung 9). So wurde der MINI E in Berlin im Durchschnitt am Tag 36 km bewegt (MINI Cooper 43 km/Tag, BMW 116i 42 km/Tag). Dabei konnte mit der Reichweite des MINI E der allergrößte Teil des Mobilitätsbedürfnisses der Nutzer befriedigt werden. Rund 89% der Befragten gaben an, dass die Reichweite für sie ausreichend sei, wobei 58% eine ähnliche oder bessere Flexibilität im Vergleich zu einem herkömmlichen Fahrzeug sahen.

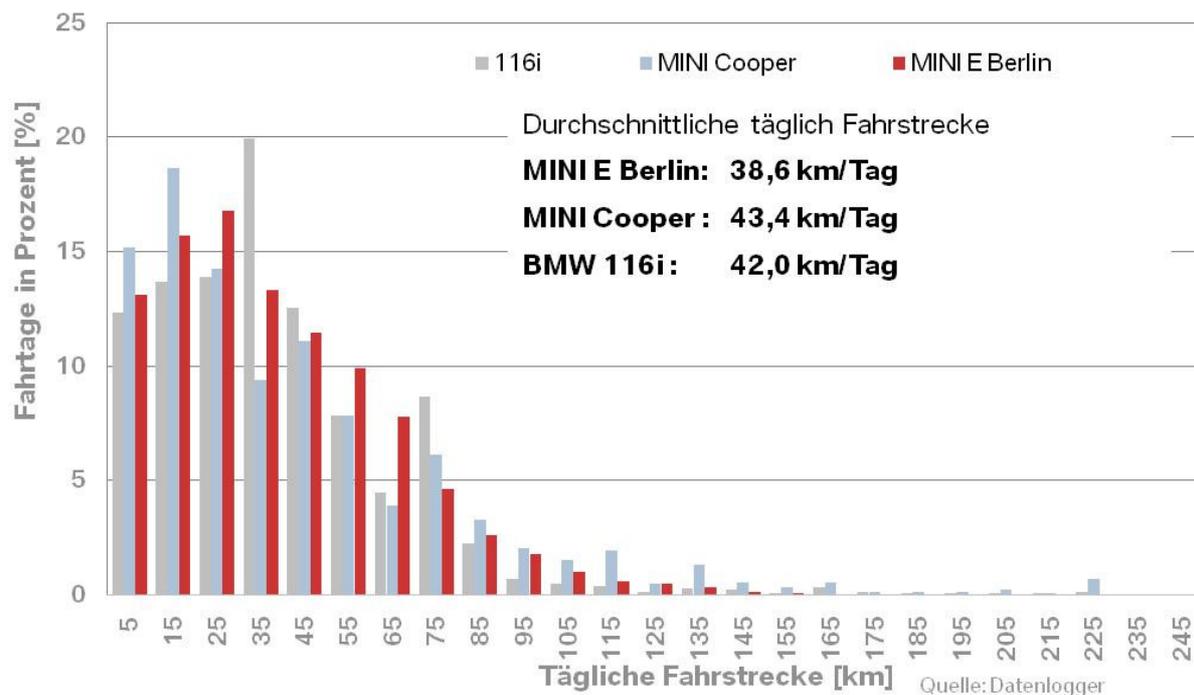


Abbildung 9: Durchschnittliche tägliche Fahrstrecke

**b) Parkdauer**

Die durchschnittliche Parkdauer der MINI E Probanden in Berlin betrug 9,2 Stunden am Tag (vgl. Abbildung 10). Auch hier ergab sich kein, aus der Notwendigkeit des Ladens abgeleitetes, stark unterschiedliches Verhalten zu den Nutzern herkömmlicher Verbrennerfahrzeuge (MINI Cooper: 10,2 Stunden, BMW 116i: 7,7 Stunden).

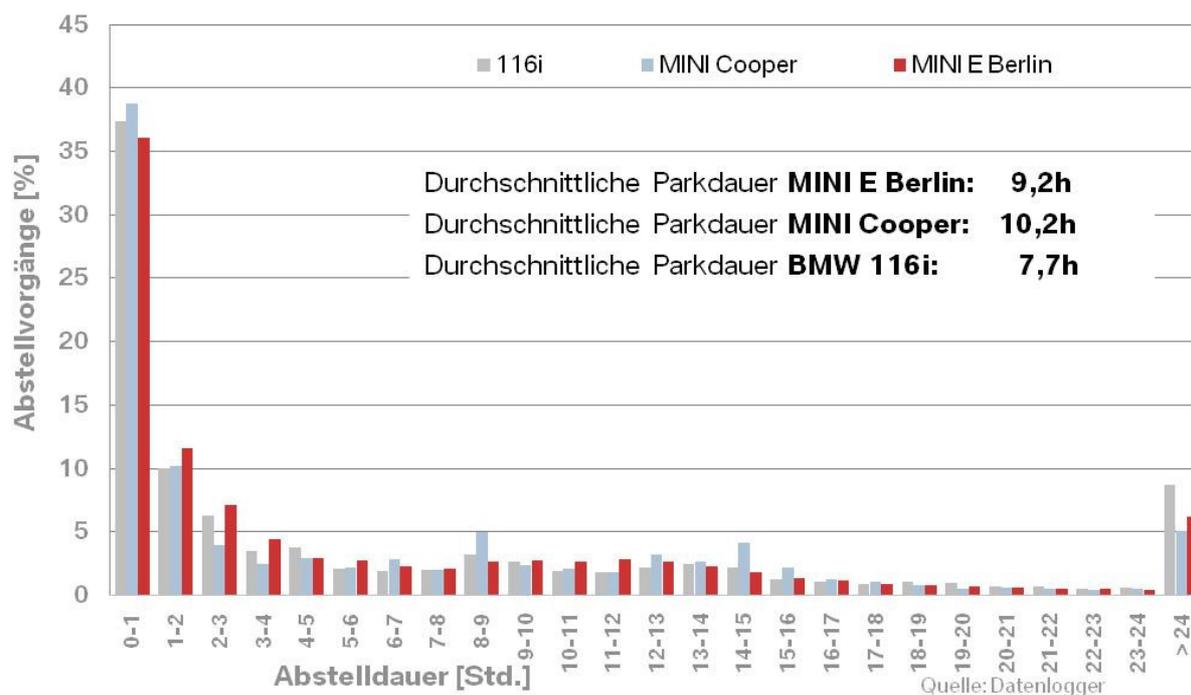


Abbildung 10: Durchschnittliche Parkdauer

## Laden

Das Thema Laden ist eines der Kernthemen für die Entwicklung der Elektromobilität, da es direkt mit dem Thema eingeschränkte Reichweite im Vergleich zu Verbrennerfahrzeugen assoziiert wird. Dazu gehört die Fragestellung der Kundenanforderungen an eine öffentliche Ladeinfrastruktur ebenso wie beispielsweise Handlingfragen und notwendige Ladehäufigkeiten. Eine wichtige, in der Öffentlichkeit diskutierte Fragestellung ist die Notwendigkeit einer gut ausgebauten öffentlichen Ladeinfrastruktur als Voraussetzung für die Akzeptanz. Dies konnte im Projekt nicht eindeutig bestätigt werden. So machten 46% der Nutzer während des Projektes keinen Gebrauch von der öffentlichen Ladeinfrastruktur und nutzen ausschließlich ihre privaten Wallboxen. Als Begründung für dieses Verhalten gaben 96% der Befragten an, dass die heimische Wallbox ausreichend sei. Weitere 61% bzw. 44% begründeten dies mit suboptimalen Standorten und der Anzahl der Ladestationen. Für 42% der Befragten erschienen die Ladezeiten als zu lang.



**Abbildung 11: Verfügbare öffentliche Ladesäulen in Berlin**

Bei der Fragestellung, welche Standorte sich für öffentliche Ladestationen am meisten eignen würden, ergab sich keine klare Präferenz für bestimmte Standorte. So wurden zwar Schnittstellen des ÖPNV und Fernverkehrs mit dem Individualverkehr, also P&R Parkplätze, Bahnhöfe und Flughäfen am häufigsten genannt, aber auch Einkaufszentren, Museen, Kinos etc. waren gute Standorte. Entscheidend ist hier vor allem das Verhältnis von der Ladedauer und der Zeit des Aufenthalts am entsprechenden Ort. Sehr interessant für die Nutzer ist vor allem die Nutzung von für E-Fahrzeuge reservierten öffentlichen Parkzonen, da hier neben der Lösung des Ladeaspekts auch der Parkplatzsuchprozess abgekürzt werden kann.

Das Handling des Ladeprozesses stellte sich für die Mehrzahl der Probanden als problemlos heraus, wobei Verbesserungsmöglichkeiten beim Ladekabel hinsichtlich Verschmutzungsgefahr, oder auch Positionierung im Fahrzeug gefordert wurden. Generell beschrieben 66% der Befragten den Umgang mit dem Ladekabel als eher umständlich.

Bei der Frequenz der Ladevorgänge zeigte sich, dass ein täglicher Ladeprozess nicht für alle Nutzer notwendig war (vgl. Abbildung 12). Trotzdem gaben 71% der Nutzer an, das Laden als Teil ihrer täglichen Routine aufgenommen zu haben.

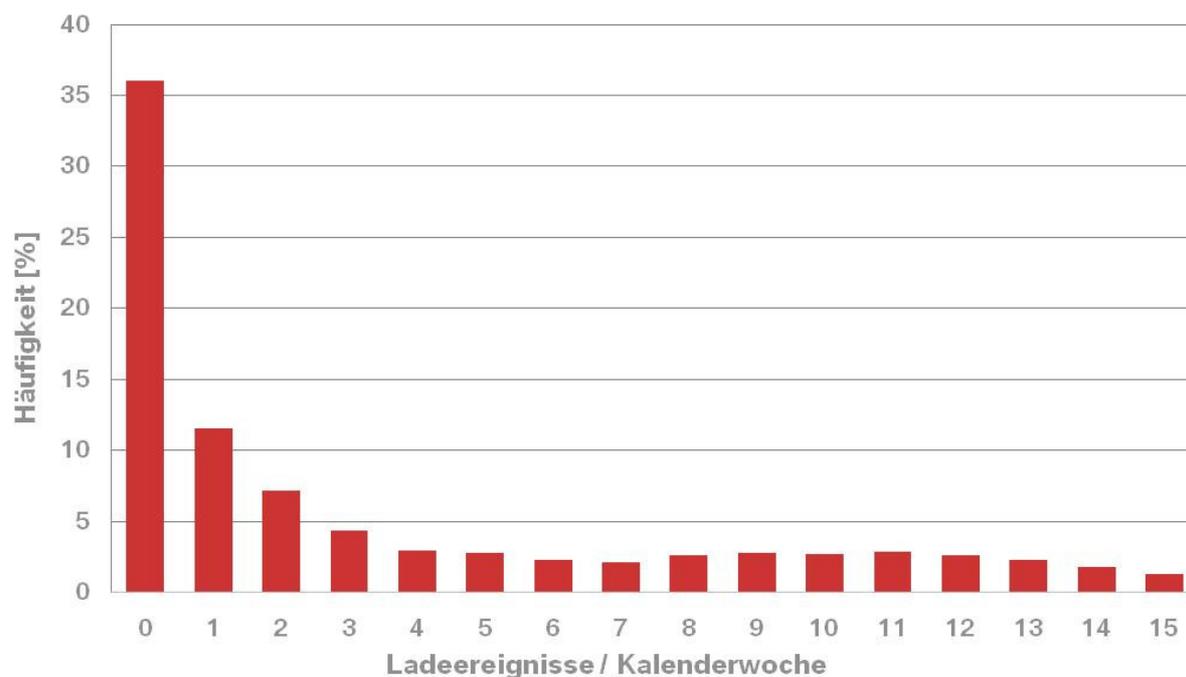


Abbildung 12: Ladeereignisse pro Woche

## E-Fahrzeug spezifische Themen

Ein wichtiger Untersuchungsaspekt sind die Erfahrungen mit E-Fahrzeug spezifischen Besonderheiten, welche sich in die Themenfelder E-Antrieb, Rekuperation und Akustik untergliedern. Als psychologischer Bezugspunkt für die Befragungen dienten den Probanden erneut die Erfahrungen mit herkömmlichen Verbrennerfahrzeugen (ICE).

### a) E-Antrieb

Die Fahreigenschaften des elektrischen Antriebs wurden von über 90% der Befragten als äußerst positiv empfunden. Herausgehoben wurde dabei das Beschleunigungsverhalten, aber auch das Handling fand große Zustimmung. Der Umstellungsprozess auf den neuen Antrieb wurde problemlos von den Probanden bewältigt.

### b) Rekuperation

Die Rekuperation wurde von den Nutzern nicht nur problemlos angenommen, sondern sie wurde sogar als Vorteil im Vergleich zum Fahren mit Verbrennungsmotor identifiziert. Die erzielte Verzögerung durch die Rückgewinnung von Strom aus dem Fahrbetrieb ermöglicht bei vorausschauendem Fahren fast den Verzicht auf die Betätigung des Bremspedals. Dieses „Ein-Pedal-Fahren“ wurde von 97% der Befragten als klarer Vorteil empfunden und 91% wünschten sich diese Funktion auch für Verbrennerfahrzeuge. Das vermutete Energie-Einsparpotenzial durch den Einsatz der Rekuperationsfunktion lag bei rund 17%.

### c) Akustik

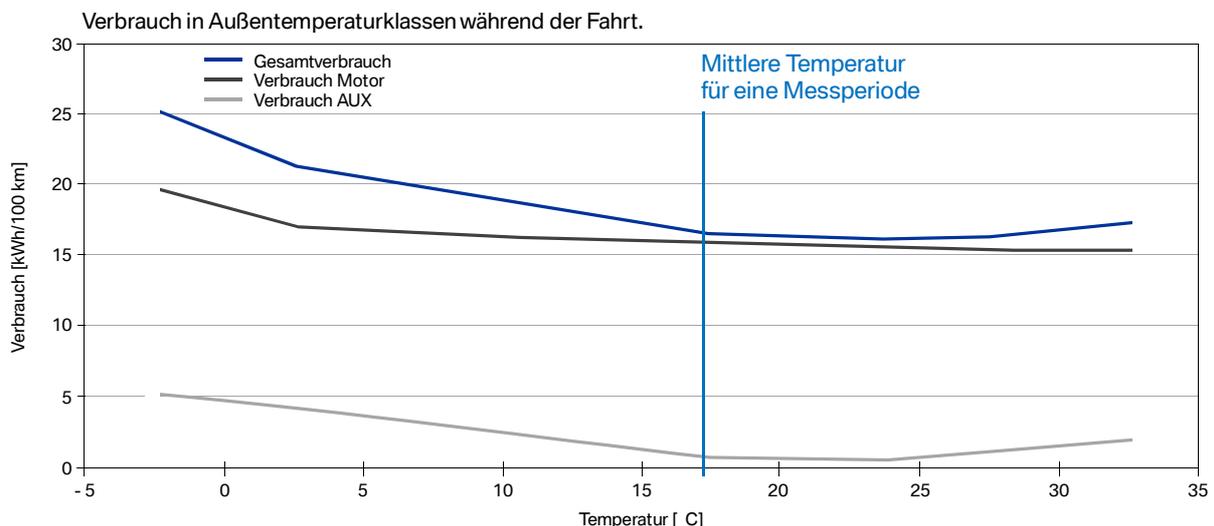
Ebenfalls als klarer Vorteil der E-Mobilität wurde von den befragten Nutzern die nahezu Geräuschlosigkeit des Antriebs identifiziert. Damit verknüpft sich für Nutzer (80%) ein erhöhtes Komfortgefühl und es besteht der starke Wunsch, dass dieses Feature auch in Zukunft, trotz der Diskussion um ein aktives Sound Design aus Sicherheitsgründen, erhalten bleibt. Das Fehlen eines lauten Motorgeräuschs ermöglichte den Probanden vor

allein eine unproblematischere Unterhaltung im Fahrzeug und einen erhöhten Musikgenuss, aber auch die geringen akustischen Auswirkungen auf die Umwelt (akustische Umweltverschmutzung) wurde als Vorteil wahrgenommen.

Aus der Erfahrung der Nutzer konnten nur sehr wenige Situationen rekonstruiert werden, bei dem die Lautlosigkeit des Antriebs eine kritische Rolle gespielt haben könnte. Diese Situationen beschränkten sich zusätzlich auf niedrige Geschwindigkeiten, da bei höheren Geschwindigkeiten durch den Rollwiderstand ein deutliches Außengeräusch erzeugt wird. Rund 28% der Befragten sehen eine vorsichtigeren Fahrweise deswegen als notwendig an. Verbesserungswürdig erschien den Probanden das akustische Feedback beim Starten des Motors. Hier wünschten sich 40% der Nutzer ein deutlicheres Feedback.

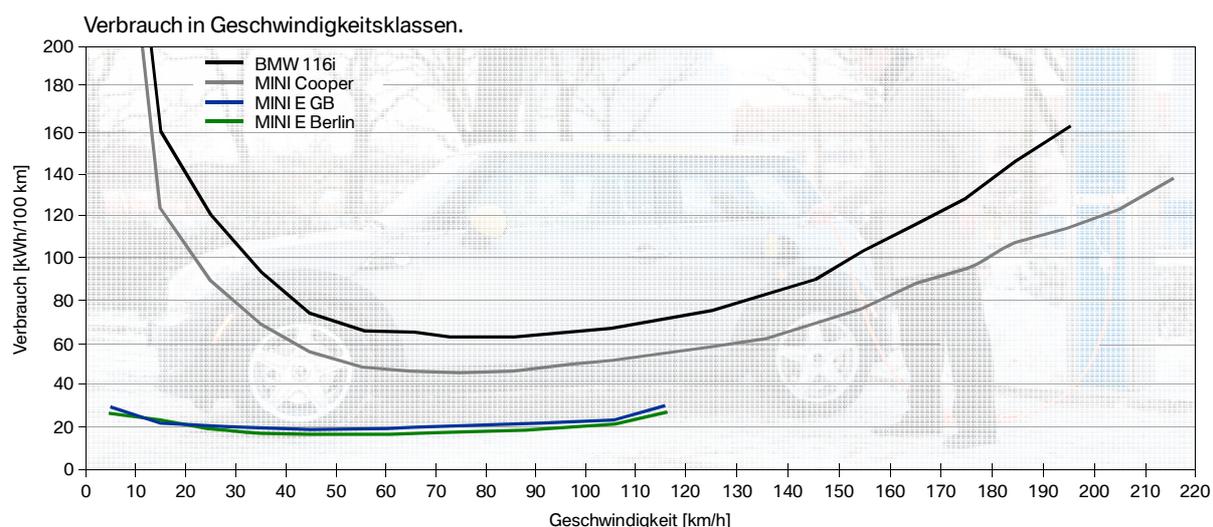
#### d) Fahrzeugverhalten bei niedrigen Außentemperaturen

Eine wichtige, im Rahmen des Projekts gewonnene Erkenntnis ist der deutliche Einfluss der Außentemperatur auf die Fahrzeugperformance. In Abbildung 13 ist ersichtlich wie der Energieverbrauch gerade bei niedrigen Außentemperaturen ansteigt.



**Abbildung 13 Verbrauch in Außentemperaturklassen während der Fahrt**

So verändern sich Parameter wie Beschleunigungsverhalten, Reichweite aber auch Rekuperation und Ladedauer deutlich bei Unterschreiten einer gewissen Temperaturschwelle. Hierdurch veränderte sich natürlich auch die Einzelbewertung dieser Parameter durch die Probanden im Laufe des Projekts. So gaben 41% der befragten Nutzer an, dass sie negative Konsequenzen auf die Batteriekapazität durch sinkende Temperaturen beobachtet haben. Als Effekt veränderte sich die maximal mögliche Reichweite um bis zu 77 km bei veränderten Außentemperaturen. Dies wurde von den meisten Nutzern (72%) registriert, wobei 63% angaben, dass die Reichweite trotzdem noch ausreichend für ihren täglichen Bedarf sei. Betrachtet man den Energieverbrauch nach Geschwindigkeitsklassen im Vergleich mit konventionellen Fahrzeugen im Winter, dann wird der Vorteil von Elektrofahrzeugen deutlich (Abbildung 14).



**Abbildung 14 Verbrauch in Geschwindigkeitsklassen**

Als problematisch wird aus Nutzersicht vor allem die mangelnde Vorhersagbarkeit der Reichweitenänderung von den Nutzer bemängelt. Außerdem mussten teilweise nutzerseitig Strategien ergriffen werden, um die verringerte Reichweite zu kompensieren. Eine besonders erfolgreiche Strategie ist das Abschalten zusätzlicher Verbraucher wie z.B. der Heizung. Dies ging allerdings vor dem Hintergrund der kalten Außentemperaturen mit einem deutlichen Verlust an Komfort einher, der von 52% der Teilnehmer beklagt wurde. Generell wurde die Performance der Heizung von rund 31% der Befragten beklagt. Dies ist insofern als E-Fahrzeug spezifisches Problem zu werten, als dass nicht die Abwärme des Motors wie bei einem Verbrennerfahrzeug zum Heizen genutzt werden kann, sondern die Energie komplett aus der Batterie gewonnen werden muss.

Das veränderte Ladeverhalten im Winter wurde von rund 28% der Probanden bemängelt. So verlängerten sich die Ladezeiten, teilweise war das Laden auch überhaupt nicht möglich. Hieraus leiteten einige Nutzer (24%) die Notwendigkeit des Vorhandenseins einer (beheizbaren) Garage für den Ladevorgang ab.

Zusammenfassend wurde die Alltagstauglichkeit des MINI E im Winter mit 39% Zustimmung relativ kritisch gesehen, wobei die identifizierten Problemfelder eine gute Ausgangsposition für zukünftige Verbesserungen bieten.

### Ökologische Relevanz

Elektrofahrzeuge wie der MINI E sind von sehr hoher ökologischer Relevanz, vor allem wenn sie mit erneuerbaren Energien, wie z.B. Windenergie, aufgeladen und betrieben werden. Rund 96% der MINI E Nutzer vertreten diese Meinung und zeigen damit eindeutig auf, wie wichtig für sie als Pioniere in Sachen Elektromobilität die Herkunft der verwendeten Energie ist. Rund 78% sind sogar der Meinung, Elektrofahrzeuge sollten ausschließlich mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Nur ein kleiner Anteil der befragten Nutzer innerhalb des Berliner Pilotprojekts, nämlich 10%, gaben an, Elektrofahrzeuge seien bereits von Haus aus umweltfreundlich und es bestünde somit keine Notwendigkeit, sie zusätzlich mit erneuerbaren Energien aufzuladen.

Ein eindeutiges Bild zeigt sich ebenfalls beim der Thematisierung des deutschen Strommixes. Nur 18% der befragten MINI E Nutzer gaben an, dass sie den aktuell

verfügbaren deutschen Strommix für umweltverträglich halten. Die Frage, ob Strom aus erneuerbaren Energiequellen umweltschonend sei, bejahten 93% der Nutzer.

Das ausgeprägte Umweltbewusstsein der MINI E Nutzer zeigt sich auch bei der Frage nach dem gewünschten Herkunftsort der zum Betrieb eines Elektrofahrzeugs benötigten Energie. Jeweils über 90% der Nutzer (hier waren Mehrfachantworten möglich) sprachen sich bei dieser Frage für Windenergie (97%), Solarenergie (96%) sowie Energie aus Wasserkraftwerken (93%) aus. Kernkraftwerke (26%) sowie Kohlekraftwerke (4%) können sich nur ein deutlich geringerer Anteil der Befragten als Orte zur Energieerzeugung für Elektromobilität vorstellen.

Für die MINI E Nutzer der Pilotprojektphase Berlin 1.0 ist es besonders reizvoll, neue Technologien mit nachhaltiger Mobilität zu verbinden und somit neue umweltschonende Mobilitätskonzepte zu erproben. Hierbei geht die Freude am spielerischen Umgang mit den spezifischen Charakteristika eines Elektrofahrzeugs Hand in Hand mit der lokalen Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Die Nutzer sehen sich in der Verantwortung aktiv am Schutz der Umwelt durch nachhaltiges Verhalten zu partizipieren. Hierbei steht allerdings nicht nur das Fahren des MINI E und das Laden der Batterie durch erneuerbare Energien im Fokus des Interesses, sondern auch die Produktion der zukünftigen Elektrofahrzeuge soll sich dem Nachhaltigkeitsaspekt widmen.

### **CarSharing MINI E**

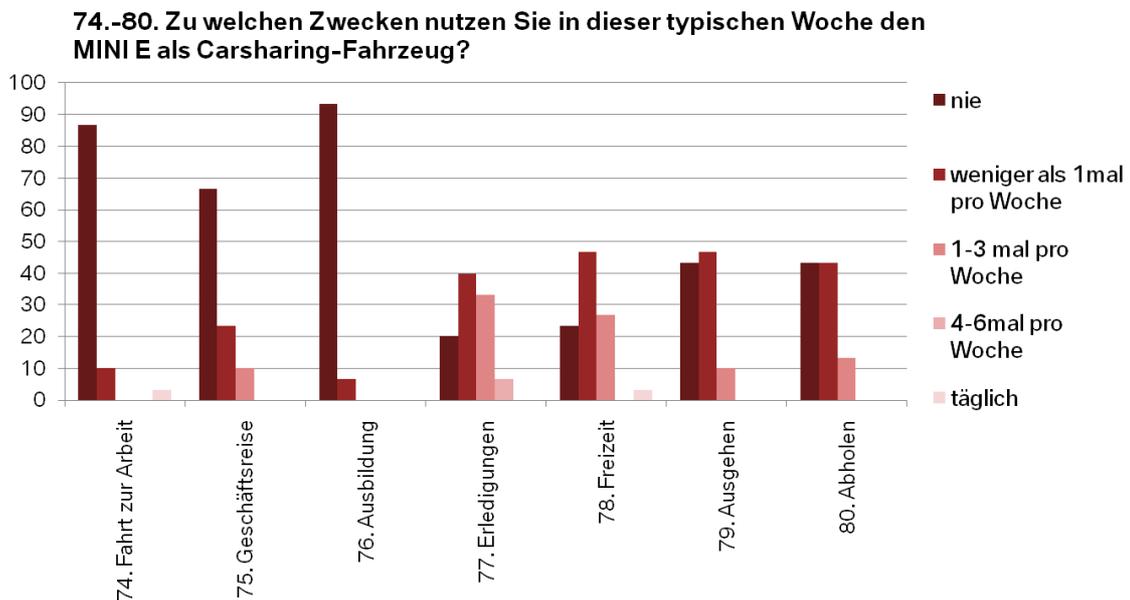
Im Rahmen des Vorhabens wurden auch jeweils zwei MINI E Fahrzeuge im CarSharing-Kontext bei der DB Rent und bei Sixt in Berlin eingesetzt. CarSharing in diesem Anwendungsfall heißt, dass mehrere private Nutzer die Möglichkeit haben die Fahrzeuge zu nutzen.

Die Fahrzeuge bei der DB Rent wurden von 40 Nutzern gefahren und konnten die Fahrzeuge telefonisch, via Internet oder am Counter reserviert werden. Die Fahrzeuge bei Sixt wurden von 20 Nutzern gefahren und konnten online reserviert werden.

Die Motivation der Nutzer am CarSharing teilzunehmen lag im Wesentlichen darin begründet, dass die Aufwände für die Nutzung eines PKW im CarSharing ggü. Alternativen deutlich geringer sind. Der Nutzer selten einen PKW nutzt bzw. die Anschaffung und der Unterhalt eines eigenen Fahrzeuges zu teuer wäre. Im Durchschnitt wurde CarSharing von den Nutzern 1,3 mal in der Woche in Anspruch genommen.

Die Motivation sich einen MINI E im CarSharing zu buchen ist, analog den Privatnutzern, das Interesse an der neuen Technologie sowie der Überzeugung der Umwelt etwas Gutes zu tun und sich von Öl zu distanzieren. Die Nutzer sind davon überzeugt, den sicheren Umgang mit dem Fahrzeug schnell und unkompliziert zu erlernen.

In einigen Aspekten gestaltet sich jedoch der Anwendungsfall Elektromobilität im CarSharing durch den Einsatz der MINI E Fahrzeuge etwas anders als im privaten Nutzerumfeld. Der Grund für die Nutzung der E-Fahrzeuge im CarSharing ist im Wesentlichen für Freizeitaktivitäten begründet. Fahrten aus beruflichen oder geschäftlichen Anlässen finden sich selten (Abbildung 15).



**Abbildung 15 Zweck MINI E Nutzung im CarSharing**

Da im Freizeitbereich aber gerade die konzeptionellen Nachteile eines Conversion Fahrzeugs vom Typ MINI E zum Tragen kommen (Zweisitzigkeit, limitierter Kofferraum) ist der Stauraum ein kritisches Element für den Einsatz im CarSharing Kontext und führte dazu das das Fahrzeug von den Nutzern teilweise nicht gebucht wurden.

Als weiterer differenzierender Faktor ggü. privater Anwendungsfall kann der Ladeprozess der Elektrofahrzeuge angesehen werden. So wurden die Fahrzeuge nach fast jeder Nutzung wieder geladen, was dazu führte, dass der durchschnittliche Ladezustand der Batterie, bei Beginn des Ladevorgangs, deutlich höher (70%-80%) lag als bei privater Nutzung (20%-30%). Die Verfügbarkeit der Fahrzeuge an der Ladeinfrastruktur und damit der potentielle Beitrag zu einem gesteuerten Laden fällt jedoch deutlich höher aus als bei den privaten Nutzern. Daher ist dieser Anwendungsfall gerade für die Vorteile des Gesteuerten Ladens sehr interessant.

Bei beiden Unternehmen wurden die Elektrofahrzeuge von den Nutzern sehr positiv aufgenommen und als zukünftiges Lösungsangebot für eine nachhaltige Mobilität angesehen. Mehr als 80% der CarSharing Nutzer sehen Elektrofahrzeuge als eine mögliche Lösung um die Luftverschmutzung und Lärmbelastung in den Städten zu reduzieren. Für fast alle Nutzer (93%) ist die Nutzung von erneuerbaren Energien in diesem Zusammenhang von besonderer Bedeutung.

### Pro & Contra

Der MINI E, welcher von den Nutzern in den beiden Feldphasen des Vorhabens über jeweils mehrere Monate eingehend getestet und bewertet wurde, brachte viele wichtige Ergebnisse rund um die Frage Pro & Contra Elektrofahrzeug zu Tage. Was sind also die größten Potentiale und Kaufanreize für den Erwerb eines Elektrofahrzeugs und welche Barrieren wurden von den Nutzern genannt?

Ein zentraler Aspekt ist in diesem Zusammenhang ist das emissionsfreie Fahren und die damit verbundene Schonung der Umwelt. Die MINI E Nutzer, die sich in Social Networks und anderen Communities auch selbst als Pioniere einer neuen, umweltfreundlichen Mobilität beschreiben, setzen mit nur ganz wenigen Ausnahmen auf „grüne“ Mobilität. So berichteten die MINI E Nutzer z.B., dass aus ihrer Sicht unbedingt sichergestellt werden müsste, dass die Elektrofahrzeuge auch mit erneuerbaren Energien geladen werden und die dafür notwendige flächendeckende Ladeinfrastruktur zur Verfügung stehen sollte. Nur so kann nachhaltig ein neues, umweltschonendes Mobilitätsbewusstsein etabliert werden. Ebenso von Bedeutung ist die Reduzierung der Lärmbelastung, die bisher vor allem durch die große Anzahl an diversen Verbrennerkonzepten vorrangig in Großstädten (hier Pilotstandort Berlin) verursacht wurden. Das nahezu geräuschlose Fahren wird vom Großteil der Probanden als sehr angenehm empfunden, auch wenn dieses geräuscharme Fahren vor allem bei geringen Geschwindigkeiten (geringe Abrollgeräusche und geringer Luftwiderstand) als teilweise kritisch in Bezug auf die Sicherheit der anderen Verkehrsteilnehmer, vor allem Fußgänger, Fahrradfahrer, etc. bewertet wird. Hier können stellvertretend Einparkszenarien genannt werden. Ein weiterer entscheidender Pluspunkt des MINI E Konzepts ist die hier verwendete Rekuperationsmöglichkeit. Diese gestattet es den MINI E Nutzern, das Elektrofahrzeug ohne Betätigung des Bremspedals zu verzögern und im gleichen Schritt zusätzlich verbrauchte Energie zurückzugewinnen. Hiermit sind unter anderem Reichweitenmaximierungen möglich und die Nutzer haben die Möglichkeit, in einer positiv empfundenen täglichen „Challenge“ ständig neue und verbesserte Reichweitenwerte zu erzielen. Die Nutzer berichteten im Rahmen der Feldphasen, dass sie die Rekuperationsfunktion in vielen Fällen sogar als Ersatz für die normale Bremse benutzen – hierbei muss natürlich der Fahrstil entsprechend einer vorausschauenden Fahrweise angepasst werden. Dass der Fahrspaß, der von vielen Probanden ausdrücklich erwähnt und gelobt wurde, auch bei einem neu entwickelten Elektrofahrzeug nicht zu kurz kommen darf, berichten die Nutzer der Berliner Pilotphasen. Die Zusammenführung von neuen interessanten Technologien auf der einen und Nachhaltigkeit auf der anderen Seite bietet großes Potential für zukünftige Mobilitätskonzepte. Der beschriebene Fahrspaß inkludiert vor allem die Möglichkeit, direkt nach dem Anlassen des Elektromotors die volle Leistung des Fahrzeugs abrufen zu können. Somit wird der von vielen Nutzern gewünschte sportliche und gut zu handelnde Fahrstil gewährleistet.

Natürlich gab es aber auch im Bezug auf den MINI E einige Einschränkungen. Ein verbesserungswürdiger Punkt sei das aktuell noch limitierte Platz- und Raumangebot im MINI E. Aufgrund der Batterie, die den gesamten Raum hinter den beiden Vordersitzen einnimmt, haben aktuell nur zwei Personen Platz. Auch der Kofferraum ist momentan recht klein und wird von den Nutzern als für den Alltagsgebrauch nicht ausreichend groß beschrieben. Ein weiterer Punkt ist die Reichweite. Diese liegt momentan bei 150 km. Dies reicht den Nutzern zwar aus, um grundlegende alltägliche Mobilitätsanforderungen zu befriedigen, dennoch wird in den meisten Fällen noch ein weiteres Fahrzeug im Haushalt benötigt. Mit eben diesem können größere Distanzen überbrückt (z.B. Freizeitfahrten), mehrere Personen transportiert (z.B. Familie) und Einkäufe erledigt werden. In Bezug auf die kalten Wintermonate wird von einigen Nutzern eine Überarbeitung der Reichweitenanzeige im MINI E gewünscht. Dieser Wunsch resultiert aus der Gegebenheit, dass der MINI E an kalten Tagen unter anderem durch den erhöhten Gebrauch der Heizung / Klimaanlage Reichweite einbüßt. Ebenso wünschen sich die ausgewählten Fahrer der

Berliner MINI E eine veränderte Darstellung der Rekuperationsanzeige sowie die Integration einer intelligenten Navigationslösung.

Die Hauptaufgabe für die kommenden Jahre hinsichtlich der Nutzerakzeptanz von Elektrofahrzeugen besteht sicherlich darin, die potentiellen Käufer eines E-Fahrzeugs von der Alltagstauglichkeit sowie weiterhin der ökologischen Relevanz dieser Motorisierungsform zu überzeugen. Hierbei wird auch die Nutzerfreundlichkeit (z.B. ein ausgereiftes, flächendeckendes, leicht zu bedienendes Ladeinfrastrukturnetz) eine ganz entscheidende Rolle spielen.

### **6.10 Task 3.6 – Wissenschaftliche Aufbereitung**

Neben einer projektinternen Abstimmung der Forschungsfragen und der eingesetzten Methodik zwischen allen direkt beteiligten Projektpartnern (s. Task 3.1) wurden kontinuierlich während des gesamten Projektverlauf auch ein intensiver Austausch mit anderen nationalen sowie internationalen Projekten gepflegt.

Einen Schwerpunkt bildete dabei die Vernetzung mit anderen internationalen Projekten mit BMW Beteiligung. Darunter mit dem Institute of Transportation Studies an der University of California, Davis (Prof. Tom Turrentine) in den USA. Die beteiligte UC Davis weist dabei eine langjährige Forschungstradition zu alternativen Antriebskonzepten und deren Akzeptanz und Alltagstauglichkeit auf. In gemeinsamen Workshops wurden hier Themen wie Studienkonzept, Methodik und Fragestellungen diskutiert und weiterentwickelt.

Ein weiterer enger Austausch bestand mit einer in England durchgeführten Studie mit MINI Es unter Leitung der Oxford Brookes University (Prof. Alan Hutchinson, Prof. Margaret Harris, Dr. Mark Burgess). Hier konnte eine enge Abstimmung der eingesetzten Forschungsmethodik mit der im Projekt MINI E Berlin eingesetzten Methodik erreicht werden.

Eine weitere Studie mit dem Einsatz von MINI Es fand im Rahmen einer Nutzerstudie in Frankreich, Paris statt. Mit dem hier beteiligten Forschungsinstitut INRETS unter Leitung von Corinne Brusque und Prof. Michael Reagan konnte ebenfalls in einer engen Abstimmung der Einsatz einer vergleichbaren Methodik erreicht werden.

Dieses ermöglicht den späteren internationalen, interkulturellen Vergleich von gewonnenen Ergebnissen.

Zudem wurde im Rahmen von Workshops und nationalen sowie internationalen Konferenzen die Ergebnisse der vorliegenden MINI E Studie in Berlin mit den führenden Experten auf dem Gebiet der Elektromobilität diskutiert und bewertet. Auch fanden unter anderem die Ergebnisse der vorliegenden Studie Eingang in die Diskussionen rund um die nationale Plattform Elektromobilität. Die vorliegende Studie diente hier mit dem derzeit größten und aktuellsten Datensatz über die reale, alltägliche Nutzung von Elektrofahrzeugen als ein wichtiger Impulsgeber für Diskussionen sowie Entscheidungen.

## **6.11 Arbeiten die zu keiner Lösung geführt haben, Alternativansätze**

### **6.11.1 Vehicle-to-Grid Aspekte**

Im Arbeitspaket 1.5 der TU-Berlin, DAI Labor, war geplant u.a. einen isolierten Fahrzeugbatteriesatz inkl. Leistungselektronik in Laborumgebung unter Einbeziehung weiterer Komponenten hinsichtlich V2G Funktionalitäten zu befähigen und zu testen.

Wie im Zwischenbericht der TU-Berlin zum Förderprojekt im Februar 2010 beschrieben wurde keine Fahrzeugbatterie inkl. Leistungselektronik bereitgestellt. Grund hierfür war, dass sich im Laufe des Projektes herausgestellt hat, dass entgegen den ursprünglichen Annahmen ein isoliertes Batteriesystem aus technischen Gründen nicht für die Erprobung von V2G Diensten geeignet ist. Daher hat man nach Alternativlösungen gesucht jedoch keine betriebswirtschaftlich vertretbare Lösung gefunden die sicherheitstechnisch (Hochvoltkomponenten!) umsetzbar ist.

Eine Kompensationslösung zur Beantwortung der Forschungsfragen und zur Zielerreichung durch die TU Berlin ist vorhanden. Die Änderungsumfänge und Auswirkungen sind im Folgenden beschrieben.

Die anderen Verbundpartner sind davon nicht betroffen. Die Inhalte und Vorgehensweise ist im Konsortium mit den Partnern abgestimmt.

#### **Ausgangsvoraussetzung, Ursprüngliche Zielsetzung**

Die Zielsetzungen sowie die Ressourcenplanungen (zeitlich, budgetär und kappazitiv) des Verbundvorhabens werden bestätigt und nicht geändert.

Innerhalb der geplanten Parameter treten jedoch Änderungen auf, die im Folgenden beschrieben sind.

Auszug, Vorhabensbeschreibung, Seite 6, ff.

...

Als Beitrag zum Aufbau neuer Versorgungsstrukturen wird im Rahmen des Projektes „Vehicle-to-Grid - Intelligentes Laden und Entladen“ entwickelt. Hier soll gezeigt werden, welchen Beitrag intelligente Lade- und Entlade-Managementsysteme zur Reserveproblematik und zur Netzregelung leisten könnten. Unter realen Bedingungen, aber außerhalb des Flottenversuchs, wird ein Batteriesystem so eingesetzt, dass es nicht nur Strom bezieht, sondern bei Bedarf auch elektrische Energie ins Netz einspeisen kann. Damit steht eine Lösung zur Verfügung, die in vielen Bereichen der Stromerzeugung zum Einsatz kommen kann. Zusammengeschaltet mit anderen Anlagen könnte dieses System als Teil eines virtuellen Kraftwerks oder im Rahmen von Microgrids einen wesentlichen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten.

...

In einer Laborumgebung werden zudem die Basisapplikationen für das Rückeinspeisen der Windenergie ins Netz entwickelt und erprobt [Vehicle-to-Grid-Ansatz].

...

#### **Ursprüngliche Zielsetzung der betroffenen Arbeitspakete**

Arbeitspakete der TU Berlin.

- Ursprüngliches Ziel des Arbeitspakets lt. Vorhabensbeschreibung bzw. lt. AZA

Das Arbeitspaket 1.5.2 Vehicle-to-Grid (V2G) stellt darauf ab, die in den Fahrzeugbatterien gespeicherte Energie in Spitzenlastzeiten, z.B. in der Mittagszeit, in Form eines virtuellen Kraftwerks oder im Rahmen von Microgrids in das Stromnetz einzuspeisen, um einen wesentlichen Beitrag zur Versorgungssicherheit zu leisten. Ziel ist es, eine Lösung zu entwickeln, die dem Energieversorger Reservpooling und intelligentes Einspeisen ins Netz auf Basis dieser verteilten Energiespeicher ermöglicht. Intelligentes Be- und Entladen von beliebig verteilten und auch in Clustern auftretenden Energiespeichern, unter Berücksichtigung des Kontextes der Autofahrer, ermöglicht eine gezielte Steuerung z.B. zur Lastspitzenkappung. Dabei gilt es insbesondere für eine mögliche Abrechnung unterschiedlicher Fahrzeugtypen und Stromlieferanten auch Protokolle für die Kommunikation zwischen Auto und Ladestation zu entwickeln.

- Mittel mit denen das Ziel erreicht werden soll

Im Rahmen des Arbeitspaketes wird ein Pilot umgesetzt, um das Gesamtsystemverhalten untersuchen und die Lösung validieren zu können. Testergebnisse und Rahmeneckdaten werden als Basis für Hochrechnungen genutzt. Diese Anwendung wird dabei außerhalb des W2V-Flottenbetriebs in einer eigenständigen Laborumgebung entwickelt und erprobt. Der Hintergrund ist, dass die Fahrzeugbatterie zwar prinzipiell für V2G einsetzbar ist, aber eine Erstanwendung noch nicht unter Alltagsbedingungen erfolgen soll.

### **Änderungsursache**

Der Grund für die notwendigen Änderungsumfänge war primär, das sich im Laufe des Projektes herausgestellt hat, dass entgegen den ursprünglichen Annahmen, ein isoliertes Batteriesystem aus technischen Gründen nicht für die Erprobung von V2G Diensten geeignet ist. Daher hat man nach Alternativlösungen gesucht jedoch keine betriebswirtschaftlich vertretbare Lösung gefunden die sicherheitstechnisch (Hochvoltkomponenten!) umsetzbar ist.

Daher wurde von BMW eine isolierte Fahrzeugbatterie inkl. Leistungselektronik zur Erprobung von V2G Umfängen in Laborumgebung nicht zur Verfügung gestellt.

### **Änderungsumfang**

Arbeitspakete der TU Berlin:

- Auf welchen neuen Wegen könne die Ziele erreicht werden?

Mit der computerbasierten Emulation des internen Zustandes der elektronischen Steuerungseinheit eines V2G-fähigen Mini E sowie dessen entsprechender Kommunikation via CAN-Bus wurde eine wirtschaftlich sinnvolle Alternative gefunden, mit der vergleichbare Ergebnisse wie mit der Integration einer realen Hochvoltbatterie und Leistungselektronik (inkl. Steuerungseinheit) in die Laborumgebung erreicht werden können. Diese angestrebten Ergebnisse umfassen weiterhin vor allem die Entwicklung und Evaluation des V2G-Gesamtsystems bestehend aus Planung, Steuerung und Auswertung der Auflade- und Einspeisevorgänge unter Verwendung der abgestimmten Kommunikationsschnittstelle zum Fahrzeug sowie Authentifizierung, Autorisierung und Accounting des Fahrzeuges an der Ladestation. Eine vertiefende Betrachtung insbesondere möglicher technischer Auswirkungen durch die Rückspeisung elektrischer

Energie von der Fahrzeugbatterie ins Stromnetz wird im Rahmen des Projektes „Gesteuertes Laden V2.0“ mit V2G-fähigen Mini E vorgenommen.

- Welche neuen Ergebnisse sollen erreicht werden?

Keine, die ursprünglich geplanten Ziele haben Bestand.

- Wie werden die Arbeitspakete geändert (inkl. Projektplan)?

BMW hat keine Budget- oder Kapazitätspositionen für diese Umfänge im AZK Formular geplant. Daher können auch keine Änderungen erfolgen.

Bei der TU Berlin entstehen in AP2 (eMobility Testbed) bzw. AP5 (Integration und Gesamtevaluation) der Teilvorhabensbeschreibung Mehraufwände durch die Entwicklung und Integration des Emulators, der die internen Zustände eines V2G-fähigen Mini E abbildet und entsprechende Informationen über die mit BMW abgestimmte Kommunikationsschnittstelle bereitstellt und entgegennimmt. Aufgrund der notwendigen zeitlichen Verschiebung in AP2 werden die Ergebnisse von AP5.1 (erste Version des integrierten Demonstrators) erst zusammen mit den Ergebnissen von AP5.2 (finale Version des Demonstrators) zum Ende des Projektes bereitgestellt.

### **Bewertung / Kompensationsansatz**

- Welche Konsortial-Partner sind betroffen?

BMW indirekt und TU Berlin direkt.

- Welche Arbeitspakete sind betroffen?

Die Änderung betrifft im Wesentlichen Arbeitspaket 1.5.2 Vehicle-to-Grid (V2G) des Gesamtvorhabens. Für das Teilvorhaben der TU Berlin handelt es sich speziell um die Arbeitspakete 2 (eMobility Testbed) und 5 (Integration und Gesamtevaluation).

- Welche AZA-Elemente sind in welchem Umfang betroffen?

Die mit dem zusätzlichen Aufwand von 4 Personenmonaten verbundenen Kosten von ca. 20.000 € für wissenschaftliche Mitarbeiter (Pos. 0812 im AZA) können vom übriggebliebenen Personalbudget gedeckt werden, so dass sich gegenüber dem Antrag keine zusätzlichen Kosten seitens der TU Berlin ergeben. Die Reserve im Personalbudget entstand durch die etwas geringeren tatsächlichen Kosten der eingestellten Mitarbeiter (alters- und familienstandsabhängige Gehälter im BAT) gegenüber der veranschlagten Pauschale.

BMW hat keine Budget- oder Kapazitätspositionen für diese Umfänge im AZK Formular geplant. Daher können auch keine Änderungen erfolgen.

### **6.11.2 Datenlogger Aspekte**

Die Anforderung, den Ladevorgang mit den in den Fahrzeugen verbauten Datenloggern aufzuzeichnen, konnte nicht umgesetzt werden.

Es war nicht möglich den Datenloggern bei Start eines Ladevorgangs ein Triggersignal zu geben. Es kann nur der Beginn eines Ladevorgangs gesehen werden, wenn dieser während der acht Minuten Nachlaufzeit des Datenlogger liegt.

Eine Detektierung eines Ladevorgangs konnte somit nur durch den SOC-Hub zwischen zwei Fahrten erfolgen.

## 7. Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Eine Informations- und Literaturrecherche (s. Abschlussbericht TU Chemnitz, Kapitel 9) bestätigt, dass das in Berlin durchgeführte Verbundvorhaben in der Wissenschaft keinen Präzedenzfall hat.

Folgende Parameter sind derzeit ein Alleinstellungsmerkmal für das Vorhaben:

- Erprobung der Alltagstauglichkeit von einer erheblichen Anzahl an Elektrofahrzeugen bei realen privaten und geschäftlichen Nutzern in einem städtischen Kontext
- Umfassende wissenschaftliche Begleitung der Fahrzeugnutzer und Ausstattung der Fahrzeuge mit entsprechender Messtechnik (Datenlogger)
- Kopplung der Aspekte Elektromobilität und Energiewirtschaft zur Untersuchung der Potenziale einer Klimaentlastung

Generell ist zu beobachten, dass die Anzahl ähnlicher Pilotierungsaktivitäten im In- und Ausland stetig zunimmt. Dabei gilt das Vorhaben als Referenz.

## 8. Veröffentlichungen der Ergebnisse

Bereits im November 2009 erzeugte das Vorhaben erste valide Aussagen aus der ersten Nutzungsphase. Diese Ergebnisse wurden im Rahmen eines Pressegesprächs in Berlin am 15.12.2009 kommuniziert.

Auch im Rahmen des COP 15 in Kopenhagen veranstaltete die BMW Group am 09.12.2009 in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit ein Side-Event zur Kommunikation der ersten Ergebnisse des Berliner MINI E Flottenversuches.

Die Zwischenergebnisse der ersten Nutzungsphase wurden kontinuierlich bei Veranstaltungen unter Teilnahme der BMW AG zum Thema Elektromobilität angeführt. Exemplarisch seien hier nur die Automobilausstellung Genf sowie die Technologiewoche in München zum Thema Mobilität der Zukunft genannt.

Die Kommunikation der Endergebnisse des Vorhabens werden zumindest teilweise erstmalig auf dem 3. VDI-Fachkongress Elektromobilität am 16.-17.03.2011 in Nürtingen vorgestellt. Dort wird BMW auch an einer Podiumsdiskussion teilnehmen.

Eine vollständige Präsentation der Ergebnisse findet im Rahmen des Kommunikationsevents des Konsortiums am 31.03.2011 in Berlin statt. Hierzu sind Vertreter des Fördermittelgebers, des Projektträgers, des Konsortiums sowie aus Wissenschaft, Wirtschaft sowie Journalisten und auch ehemalige Nutzer der MINI E Fahrzeuge geladen.

Weitere Kommunikationsevents und Veröffentlichungen der MINI E Ergebnisse sind geplant.

Ziel ist es weiterhin, die gewonnenen Erkenntnisse und vorliegenden Ergebnisse in die öffentliche und politische Diskussion zur Schaffung der erforderlichen Rahmenbedingungen für die erfolgreiche Markteinführung einer nachhaltigen Elektromobilität in Deutschland zu überführt.

## **9. Nutzung und Verwertung der Ergebnisse**

### **9.1 Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte**

Konkrete Erfindungen, Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte haben sich auf Basis der gemachten Erkenntnisse und der vorliegenden Ergebnisse in diesem Vorhaben für die BMW AG bis heute nicht ergeben.

### **9.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten**

Nach heutiger Einschätzung wurde die Zielsetzung des Vorhabens vollumfänglich erreicht.

Der Fokus des Verwertungsplans und der Arbeiten lag auf der Ableitung von Erkenntnissen durch die Erprobung der Elektromobilität im Zusammenwirken mit dem Einsatz von erneuerbaren Energien bei realen Nutzern. Die gewonnenen Ergebnisse werden für die Auslegung nachfolgender Generationen von Elektrofahrzeugen der BMW Group eingesetzt.

Zum Beispiel kann über die Analyse der Daten des Verbrauchs, des Fahrprofils und des Ladeverhaltens hinaus, die Daten für eine Anforderungsoptimierung neu zu entwickelnder Konzepte oder Module im Bereich der Elektromobilität genutzt werden.

Zudem ist es das Ziel auch die Ergebnisse einem möglichst großen Kreis von öffentlichen, privaten und politischen Einrichtungen zu Verfügung zu stellen. Das Vorhaben soll einen wichtigen Beitrag zur Gestaltung der Elektromobilität nach nachhaltigen Gesichtspunkten in Deutschland leisten.

### **9.3 Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten**

#### **Die BMW Group verfolgt einen zukunftsfähigen Gesamtansatz**

Elektromobilität ist integraler Bestandteil von EfficientDynamics: Mit EfficientDynamics reduziert die BMW Group seit längerer Zeit sehr erfolgreich Verbrauch und Emissionen durch neue hocheffiziente Motorengenerationen, Aerodynamikmaßnahmen, den Einsatz von innovativem Leichtbau und ein intelligentes Energiemanagement im Fahrzeug – und das bei gleichzeitig besseren Fahrleistungen. So konnte in den Jahren von 1995 bis 2009 die CO<sub>2</sub>-Emission der gesamten Fahrzeugflotte um knapp ein Drittel reduziert werden. Bereits heute realisiert das Unternehmen über EfficientDynamics zusätzliche Verbrauchsvorteile durch die weitere Elektrifizierung des Antriebsstrangs bis hin zur Hybridisierung. Auf lange Sicht bedeutet EfficientDynamics den Übergang zur emissionsfreien Mobilität – batterieelektrisch ebenso wie über regenerativ gewonnenen Wasserstoff.

#### **Nachhaltigkeit bei der BMW Group**

Doch nur das Produkt zu betrachten, ist der BMW Group nicht genug. Den mit EfficientDynamics unter Beweis gestellten Führungsanspruch will die BMW Group zukünftig auch beim Thema Nachhaltigkeit über die gesamte Wertschöpfungskette behaupten. Deshalb legt die Nachhaltigkeitsstrategie der BMW Group nicht nur fest, die effizienten Antriebstechnologien weiter auszubauen und Konzepte für eine nachhaltige Mobilität in Ballungsräumen umzusetzen. Darüber hinaus sollen im Rahmen der Clean

Production Philosophie auch im Produktionsprozess der Ressourcenverbrauch und die Umweltbelastungen weiter sinken. Und als Teil der Gesellschaft engagiert sich das Unternehmen bei der Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen – mit dem Ziel, die Rahmenbedingungen für das eigene Handeln innerhalb und außerhalb des Unternehmens aktiv mitzugestalten.

„Im gesamten Unternehmen sind wir davon überzeugt, dass auch und gerade Premiummobilität sich zukünftig weitaus stärker über Nachhaltigkeitsaspekte definieren wird als bisher. Wer Premium denkt, wird in Zukunft selbstverständlich auch Nachhaltigkeit meinen.“ (Martin Arlt)

### **BMW richtet seine Prozesse und Strukturen konsequent auf Elektromobilität aus**

Um auch den Elektrofahrzeugen die Gene des Unternehmens mitzugeben, legt die BMW Group großen Wert auf die Entwicklung und Gestaltung der identitätsstiftenden Elemente eines Elektrofahrzeugs. Beim Energiespeicher versuchen die Entwickler durch effektives Speichermanagement, intelligente Betriebsstrategien und die optimale Temperierung das Maximum an Leistungsausbeute und Reichweite aus den Zellen herauszuholen. Der hoch effiziente Antrieb ist ebenso eine Eigenentwicklung. Denn auch in Zukunft hat die BMW Group den Anspruch, die besten automobilen Antriebe zu bauen. Antriebe, die sich durch Effizienz und Leistungsentfaltung vom Wettbewerb absetzen – auch wenn Strom statt Kraftstoff in Bewegung umgesetzt wird.

In weiteren Bereichen erarbeitet die BMW Group ihr Know-how mit kompetenten Partnern. Ob mit SB LiMotive im Bereich Zellentwicklung oder der SGL Automotive Carbon Fibers (SGL Group) bei der Entwicklung und Produktion von Carbonfasern und Carbonfasergelegen – gemeinsam erschließen die Entwickler hier wertvolle Kompetenzen, um die individuelle Mobilität auch in Zukunft weiter voranzutreiben. So entsteht im Rahmen des Joint Ventures mit der SGL Automotive Carbon Fibers (SGL Group) ein hochmodernes, regenerativ betriebenes Carbonfaserwerk in Moses Lake (USA), um den Werkstoff bestmöglich fertigen und kostengünstig verarbeiten zu können.

### **Das Megacity Vehicle – nachhaltige Mobilität im urbanen Umfeld**

Das Megacity Vehicle (MCV) zeigt eine Möglichkeit, wie sich die BMW Group die zukünftige Mobilität im urbanen Umfeld vorstellt. Als Fahrzeug im „Purpose Design“ ist das MCV konstruktionsseitig konsequent auf die Bedürfnisse und Anforderungen der E-Mobilität ausgerichtet. Denn wie die bisherige Entwicklungsarbeit an MINI E und BMW Concept ActiveE zeigt, schöpft die Umrüstung eines Fahrzeugs, das ursprünglich auf den Betrieb mit einem Verbrennungsmotor (Conversion Vehicle) ausgelegt war, noch nicht das volle Potenzial der E-Mobilität aus. Das MCV integriert die neu entwickelten elektrischen Antriebskomponenten deshalb in einer völlig neuen Fahrzeugarchitektur. Konsequenter Leichtbau und innovativer Einsatz von CFK runden das bis ins Detail durchdachte Fahrzeugkonzept ab.

Erste Schritte in Richtung E-Antrieb unternahm BMW bereits im Jahr 1969 mit einem elektrifizierten BMW 1602. Über die letzten vierzig Jahre sammelte die BMW Group mit verschiedenen Prototypen und Versuchsaufbauten wertvolles Know-how über die alternative Antriebstechnologie und prüfte immer wieder potenzielle Umsetzungsmöglichkeiten. Unter anderem mit dem BMW E1, einem Experimentalfahrzeug, das bereits 1991 zahlreiche Merkmale moderner Elektrofahrzeuge aufwies und mit dem die Vor- und Nachteile dieses Antriebs im praktischen Einsatz

erkundet werden sollten. Doch erst mit der Lithium-Ionen-Technologie eröffneten sich konkrete Perspektiven für die Serienentwicklung, da sie die nötigen Anforderungen an Zyklusfestigkeit und Belastbarkeit erfüllte und bereits mehrfach in verschiedenen Anwendungen unter Beweis gestellt hatte. Die BMW Group handelte schnell und konnte ihr Know-how früh in ein kundenwertes Ergebnis umsetzen – den MINI E. Dieser wichtige Meilenstein der BMW Group in der Entwicklung der E-Mobilität fährt bereits seit Mitte 2009 auf der Straße. Und mit mehr als 600 MINI E Fahrzeugen betreibt die BMW Group heute bereits eine der größten Flotten von Elektrofahrzeugen in Kundenhand. Die ersten Ergebnisse der Erprobungen zeigen, dass E-Mobilität bereits eindeutig alltagstauglich ist.

### **BMW denkt über das Produkt hinaus**

Die Elektromobilität eröffnet auch völlig neue Möglichkeiten um das Fahrzeug herum. Verschiedene Services rund um das Laden des E-Fahrzeugs sind denkbar. So arbeitet die BMW Group bereits mit Energieanbietern zusammen, um einen schnellen und flexiblen Zugang zu „grünem“ Strom zu ermöglichen. Intelligente Laderegeln und fernbedienbares Laden sind weitere Möglichkeiten, E-Mobilität noch kundenwerter zu gestalten. So erprobt die BMW Group mit ihren Partnern das so genannte gesteuerte Laden. Mit dieser antizyklischen Ladestrategie wird das E-Fahrzeug erst dann geladen, wenn der Gesamtbedarf an Strom niedrig ist oder regenerative Energie zur Verfügung steht – beispielsweise über Nacht. Dazu gibt man einfach die Endzeit an, zu der das Fahrzeug geladen sein soll. Je nach Präferenz kann das Fahrzeug dann besonders umweltschonend oder besonders schnell geladen werden. Langfristig existieren Ideen, E-Fahrzeuge zum Bestandteil der Energieversorgung zu machen und beispielsweise als Pufferspeicher zu verwenden.

In Zukunft wird die BMW Group individuelle Mobilität in noch größerem Rahmen begreifen. Da die zunehmende Urbanisierung die Mobilitätsvoraussetzungen mehr und mehr verändert, denkt die BMW Group auch über Mobilitätsdienstleistungen nach, bei denen die Intermodalität von Verkehrsträgern eine wesentliche Rolle spielt.

## **9.4 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit**

Zielsetzung des Projektes war es, die Alltagstauglichkeit des Gesamtsystems Elektromobilität grundsätzlich nachzuweisen sowie wissenschaftliche und technische Erkenntnisse in diesem Zusammenhang abzuleiten.

Bereits die ersten Zwischenergebnisse Ende 2009, als auch die nun vorliegenden Endergebnisse des Vorhabens belegen, dass weitere Forschungs- und Entwicklungsprojekte notwendig sind um serientaugliche Kundenlösungen (sowohl auf der Infrastruktur- als auch auf der Fahrzeugseite) für die Umsetzung einer nachhaltigen Form der Elektromobilität zu realisieren.

Daher wurde bereits Anfang 2010 mit den etablierten Mitgliedern des Konsortiums beschlossen, zwei weitere Vorhaben „MINI E V2.0“ und „Gesteuertes Laden V2.0“ zu initiieren.

Das Vorhaben „MINI E V2.0“ fokussiert auf neue Anwendungsfälle der Elektromobilität (z.B. Laternenparker) und es soll ein Nutzerseitiger Mehrwertdienst „der Mobilitätsassistent“ entwickelt und getestet werden. Ziel ist die Korrelation zwischen verfügbarer Windenergie und Fahrzeugverfügbarkeit an der Ladeinfrastruktur zu erhöhen sowie neue Erkenntnisse in neuen Anwendungsfällen der Elektromobilität zu generieren.

Das Vorhaben „Gesteuertes Laden V2.0“ fokussiert auf die (Lade-)technischen Aspekte und hat sich zum Ziel gesetzt, die Effektivität und die Effizienz des entwickelten Ladekonzeptes zu steigern und damit zugleich den Umweltnutzen von Elektrofahrzeugen weiter auszubauen.

Es ist derzeit geplant, dass in diesem Projekt eine neue Generation der Ladeinfrastruktur, neue (Kunden-) Funktionalitäten (z.B. Ladeassistent) sowie BMW ActiveE Fahrzeuge zur Pilotierung der neu zu entwickelnden Funktionalitäten zum Einsatz kommen.

Beide neuen Vorhaben haben eine Laufzeit bis September 2011 und sind im Rahmen des Konjunkturpaket II der Bundesregierung gefördert.

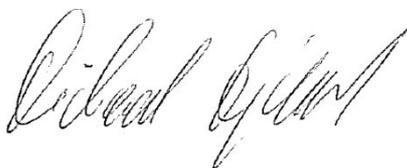
Inhaltlich sind die beiden Vorhaben als eigenständige Forschungsvorhaben zu betrachten ohne das Ergebnisse des einen Vorhabens zwingend für das andere benötigt werden.

Vorrangiges Problem derzeit ist die für eine erfolgreiche Markteinführung der Elektromobilität notwendige Verfügbarkeit und Entwicklung von leistungsfähigen und zuverlässigen Komponenten (z.B. E-Maschine, Leistungselektronik, E-Speicher) zu wirtschaftlich darstellbaren Konditionen für alle Marktteilnehmer. Zukünftige Forschungs- und Entwicklungsleistungen sollten daher auf diese Bereiche fokussieren.

Das erarbeitete Know-How kann für weitergehende Förderprojekte durch Änderungen der Spezifikationen und Validierung zur Erarbeitung neuer Lösungsansätze zu Fragestellungen der Elektromobilität verwendet werden.

Die in diesem Vorhaben gewonnenen Erkenntnisse und erarbeiteten Ergebnisse werden bei der Entwicklung und Vermarktung zukünftiger serientauglicher Komponenten und Produkte, speziell bei rein elektrisch angetriebenen Produkten, verwendet.

München, 28.02.2011,



Dr. Michael Hajesch,  
Produktlinie project i  
Innovationsprojekte Elektromobilität  
Tel.: 089-382-58895,  
E-Mail: [michael.hajesch@bmw.de](mailto:michael.hajesch@bmw.de)



Michael Meurer  
Innovationsmanagement,  
Forschungsförderung  
Tel.: 089-382-48483  
E-Mail: [michael.meurer@bmw.de](mailto:michael.meurer@bmw.de)