

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME, ISE

# **ABSCHLUSSBERICHT (KURZFASSUNG) EFFIZIENTE MOBILITÄT (EFFMOB)**

2009 - 2011

# **ABSCHLUSSBERICHT (KURZFASSUNG) EFFIZIENTE MOBILITÄT (EFFMOB)**

2009 - 2011

**Dominik Noeren**

**Christof Wittwer**

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, ISE  
in Freiburg.

Projektnummer: 285021

Projektpartner: badenova AG, badenova Innovationsfond

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Motivation und Projektziele .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Einsetzbarkeit von Elektrofahrzeugen in der badenova-Fahrzeugflotte.....</b>	<b>7</b>
2.1	Die Datenerhebung.....	7
2.2	Einsatz von Elektrofahrzeugen in der badenova-Flotte.....	8
2.3	Exemplarische Substitution.....	9
2.3.1	Technische Bewertung; Ergebnisse der exemplarischen Substitution .....	10
2.3.2	Ökologische Bewertung; Ergebnisse der exemplarischen Substitution .....	10
2.3.3	Ökonomische Bewertung; Ergebnisse der exemplarischen Substitution .....	10
<b>3</b>	<b>Effekte im Stromversorgungsnetz durch Elektromobilität .....</b>	<b>11</b>
3.1	Effekte in der regionalen Energieversorgung durch eine hohe Durchdringung mit Elektrofahrzeugen.....	11
3.2	Effekte im Verteilnetz durch Elektromobilität .....	14
3.3	Zusammenfassung der Auswirkungen der Elektromobilität auf das Stromversorgungsnetz in Freiburg.....	14
<b>4</b>	<b>Konzeption &amp; Aufbau einer Ladeinfrastruktur, Feldbetrieb E-Fahrzeug .....</b>	<b>15</b>
4.1	Einsatz Elektrofahrzeug in die badenova-Flotte .....	15
4.2	Konzept der Ladeinfrastruktur im Projekt .....	16
4.2.1	Das Interface, das Menü .....	16
4.2.2	Das Backend .....	17
4.2.3	Batterie-Füllstand-Schätzer .....	17
<b>5</b>	<b>Ableitung von Geschäftsmodellen für Energieversorger .....</b>	<b>17</b>
5.1	Identifikation von Geschäftsfeldern .....	18
<b>6</b>	<b>Öffentlichkeitsarbeit.....</b>	<b>19</b>

## Executive Summary

Das Projekt „Effiziente Mobilität“ war ein Forschungsprojekt des Fraunhofer ISE, der Badenova und des Badenova Innovationsfond; Projektlaufzeit 2009-2011.

Ziele des Projektes waren

1. Untersuchung der Nutzbarkeit von Elektrofahrzeugen in der badenova-Fahrzeugflotte
2. Ökologische und ökonomische Effekte durch Elektrofahrzeuge in einer Flotte
3. Effekte im Verteilnetz durch Elektromobilität
4. Konzeption und Aufbau einer Ladeinfrastruktur auf dem Betriebsgelände der badenova
5. Anschaffung eines Elektrofahrzeugs und Inbetriebnahme des Fahrzeugs und der Ladeinfrastruktur
6. Ableitung von Geschäftsmodellen für Energieversorger
7. Öffentlichkeitsarbeit

Im Lauf des zweieinhalbjährigen Projektes wurden die oben gestellten Fragen untersucht und bearbeitet. Die Kenntnisse die aus dem Projekt gewonnen wurden sind zu großen Teilen in einzelnen Ausarbeitungen dargestellt und in diesem Bericht in kürze zusammengefasst.

### **Untersuchung der Nutzbarkeit von Elektrofahrzeugen in der badenova-Fahrzeugflotte und die ökologischen und ökonomischen Effekte**

Die Untersuchung der Einsetzbarkeit von Elektrofahrzeugen in der badenova-Flotte wurde unter der Prämisse verfolgt keine Nachteile für die Mobilität der Flotte zu erzeugen. Als Grundlage dienten daher

reale Daten aus Fahrtenbüchern und GPS-Trackern.

Die Auswertung über ein Jahr zeigte, dass nicht nur überschlägig sondern auch gemäß der Fahrtenbuchanalyse (die anhand eines kleinen Teils der Flotte durchgeführt wurde) real bis zu 30% der Fahrzeuge Elektrofahrzeuge sein könnten ohne die Flotte in ihrer Einsetzbarkeit zu beschränken. Grundvoraussetzung ist jedoch die Poolung der Fahrzeuge, also die gemeinsame Buchbarkeit und Nutzbarkeit.

Ökologisch war in der Auswertung eine drastische CO<sub>2</sub>-Minderung durch den Einsatz dieser Fahrzeuge zu verzeichnen, sobald diese mit Strom aus erneuerbaren Energien betrieben werden. Ökonomisch ließ sich, unter derzeitigen Rahmenbedingungen, kein Fall abbilden, der die Refinanzierung des erhöhten Invests durch die geringeren Betriebskosten darstellt.

*(Weitere Informationen ab Seite 7.)*

### **Effekte im Verteilnetz durch Elektromobilität**

In Simulationen mit realen Netzdaten im Verteilnetz Freiburg konnte aufgezeigt werden, dass bei einer starken Durchdringung mit Elektrofahrzeugen Versorgungsengpässe auf Verteilnetzebene auftreten können. Lastspitzen durch Gleichzeitigkeitseffekte ungesteuerten Ladens (Laden direkt nach der Ankunft) addieren sich zeitgleich auf die so wie so vorhandenen abendlichen Netz-Peaks in Wohngebieten. Zwar steigt der Stromverbrauch im Falle einer 100%igen Substitution aller PKW in Freiburg durch Elektrofahrzeuge nur um 31% (Stadtgebiet), aber der Leistungsbezug aus dem übergeordneten

Netz der EnBW kann sich kurzzeitig um über 100% erhöhen so auch die Auslastung in den Verteilnetzen. Folglich sind geringe Leistungen (<10 kW) vor allem aber intelligentes Lademanagement essentiell um Netzausbaukosten zu minimieren.

*(Weitere Informationen ab Seite 11.)*

### **Konzeption und Aufbau einer Ladeinfrastruktur auf dem Betriebsgelände der badenova und Testbetrieb mit Elektrofahrzeug**

Ein wichtiger Bestandteil des Projektes war die reale Umsetzung von nutzbarer elektrischer Mobilität. Zwei Elektrofahrzeuge wurden daher im Rahmen des Projektes angeschafft und in die Badenova Fuhrparkflotte integriert. Ein Hotzenblitz (nicht mehr im Einsatz) und ein Mitsubishi iMiEV. Die Ladeinfrastruktur bestehend aus zwei Ladesäulen mit insgesamt vier Anschlüssen so wie das Backend zur Nutzer-, Fahrzeug- und Ladestationsverwaltung wurde im Rahmen des Projektes vom Fraunhofer ISE entwickelt und auch nach dem Projekt weiter betrieben. Eine Säule ist beim Fraunhofer ISE eine andere auf dem Betriebshof der Badenova aufgestellt. Die Steuerung, das Interface sowie die Verwaltung sind vollständig skalierbar und somit jeder Zeit veränderbar einsetzbar.

GPS-Tracker wurden nur zeitweise in den Elektrofahrzeugen zu Testzwecken eingesetzt.

*(Weitere Informationen ab Seite 15.)*

### **Ableitung von Geschäftsmodellen für Energieversorger**

Ein essentieller Aspekt auf dem Weg Elektromobilität zum Massenmarkt zu führen ist die Definition von rentablen Geschäftsmodellen. Hierzu wurde im Rahmen des Projektes eine Ideensammlung basierend auf den unterschiedlichen Wertschöpfungsbereichen der Elektromobilität und mit zeitlicher Eingliederung bis ca. 2025 erstellt. Im Fokus stehen relevante Geschäftsfelder für Energieversorger im Bereich der Elektromobilität. Ein Ranking der Geschäftsfelder hilft bei der Entscheidung zur Umsetzung.

*(Weitere Informationen ab Seite 17.)*

### **Öffentlichkeitsarbeit**

Gerade junge und unbekannte Themen bedürfen der Öffentlichkeitsarbeit. Somit wurden im Zuge des Projektes viele Events die das Thema promoten aber auch kritisch hinterfragen initiiert.

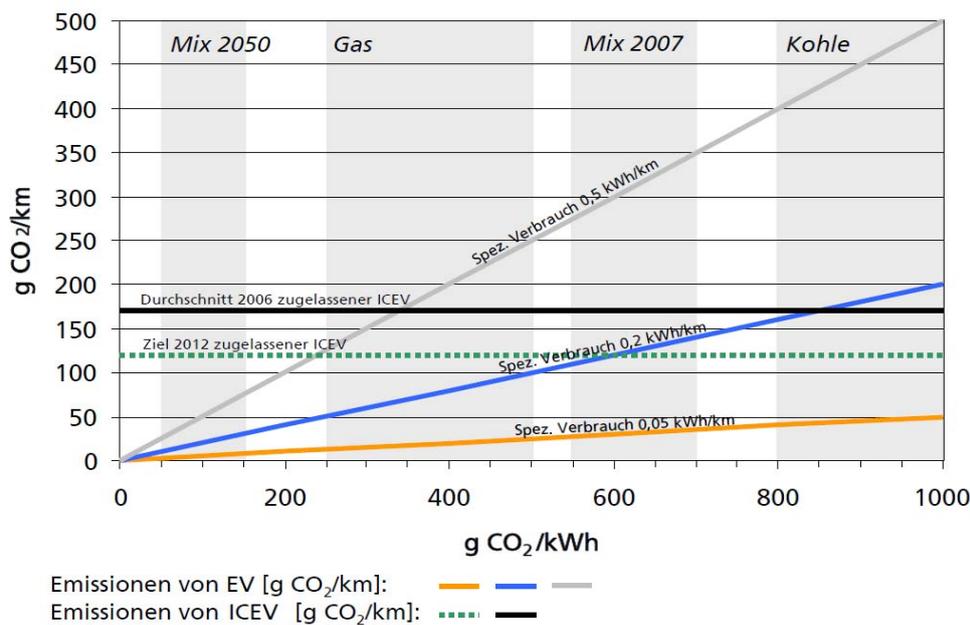
*(Weitere Informationen ab Seite 19.)*

# 1

## Motivation und Projektziele

Als der Projektantrag im Jahr 2008 durch das Fraunhofer ISE verfasst wurde begann das Thema „Elektromobilität“ sich in Deutschland als Zukunfts- und Forschungsthema zu etablieren. Elektrofahrzeuge gab es nur in kleinen Stückzahlen und – abgesehen von Sonderbauformen wie dem Hotzenblitz und dem Twike – fast nur als Umbau- und nicht als Serienfahrzeuge.

Aus der Sicht der Projektpartner war das Thema aber insbesondere im Kontext der Netzintegration und der Smart Grid-Thematik spannend, da Elektromobilität - so die Annahme - zu unbekanntem Netzeffekten führen, aber auch bei der Integration der erneuerbaren Energien unterstützend eingesetzt werden kann und folglich ein kommender Markt auch für Energieversorger ist. Der zweite Punkt zielt auf die Speichermöglichkeit der Fahrzeugbatterien, die Verschiebbarkeit der Netzlast durch Elektrofahrzeuge in Niederlastzeiten ab und war darin begründet, dass Elektromobilität nur in Verbindung mit der Nutzung von erneuerbarem Strom ökologische Vorteile haben kann (s. Abbildung 1).



**Abbildung 1: Emissionen von Elektrofahrzeugen in Abhängigkeit von Verbrauch und Strommix [Fraunhofer ISE - Erneuerbare Energiesysteme - Gruppe BSR 2009]**

Aus dieser Motivation entstand ein umfangreiches Projekt, das anwendungsnah sein sollte und folgende Inhalte hatte:

1. *Untersuchung der Nutzbarkeit von Elektrofahrzeugen in der badenova-Fahrzeugflotte*
2. *Ökologische und ökonomische Effekte durch Elektrofahrzeuge in einer Flotte*
3. *Effekte im Verteilnetz durch Elektromobilität*
4. *Konzeption und Aufbau einer Ladeinfrastruktur auf dem Betriebsgelände der badenova*
5. *Anschaffung eines Elektrofahrzeugs und Inbetriebnahme des Fahrzeugs und der Ladeinfrastruktur*
6. *Ableitung von Geschäftsmodellen für Energieversorger*
7. *Öffentlichkeitsarbeit*

Zu den Aspekten 1, 2, 3 und 6 entstanden im Rahmen des Projektes jeweils Ausarbeitungen die der Badenova vorliegen. Die Ergebnisse, die in den kommenden Kapiteln zu diesen Themen vorgestellt werden, entstammen diesen Ausarbeitungen.

## 2 Einsetzbarkeit von Elektrofahrzeugen in der badenova-Fahrzeugflotte

Mit der Untersuchung zur Einsetzbarkeit von Elektrofahrzeugen in der badenova-Fahrzeugflotte sollte allgemein und exemplarisch das Einsatz- oder Austauschpotenzial durch batteriebetriebene Fahrzeuge in der badenova-Flotte ermittelt werden. Die Ermittlung des Potenzials zur ökologisch sehr sinnvollen Substitution von konventionellen Fahrzeugen durch Elektrofahrzeuge basiert in dieser Arbeit primär auf der Auswertung von real gefahrenen Fahrprofilen. Durch die technischen Einschränkungen der Elektromobilität (typische Werte sind z.B. Reichweite ca. 100 km bei 20 kWh Batterie; Ladedauer zwischen 1 und 9 Stunden) können nicht alle Fahreinsätze der Badenovaflotte durch Elektrofahrzeuge abgedeckt werden. Hinzu kommen die derzeit noch hohen Investitionen bei der Anschaffung eines Elektrofahrzeugs, denen der geringere Energiepreis gegenüber steht.

### 2.1 Die Datenerhebung

Die Datengrundlage wurde durch die Digitalisierung der vorhandenen und speziell entworfenen Fahrtenbücher von 60 Fahrzeugen über ein Jahr (März 2009 bis Februar 2010) sowie durch den Einsatz von 15 GPS-Trackersystemen (Trackern) im Zeitraum von Oktober 2009 bis Februar 2010 mit fliegendem Start und Ende (parallel zu den Fahrtenbüchern) geschaffen. Weitere Datenquellen wie das vorhandene Buchungssystem CocoWeb, die Jahreskilometerliste und die Tankkartenabrechnung waren nicht zielführend auszuwerten.

Datengrundlage:

- 60 Fahrtenbücher im Zeitraum März 2009 bis Februar 2010
- 15 Tracker und Fahrtenbücher im Zeitraum Oktober 2009 bis Februar 2010

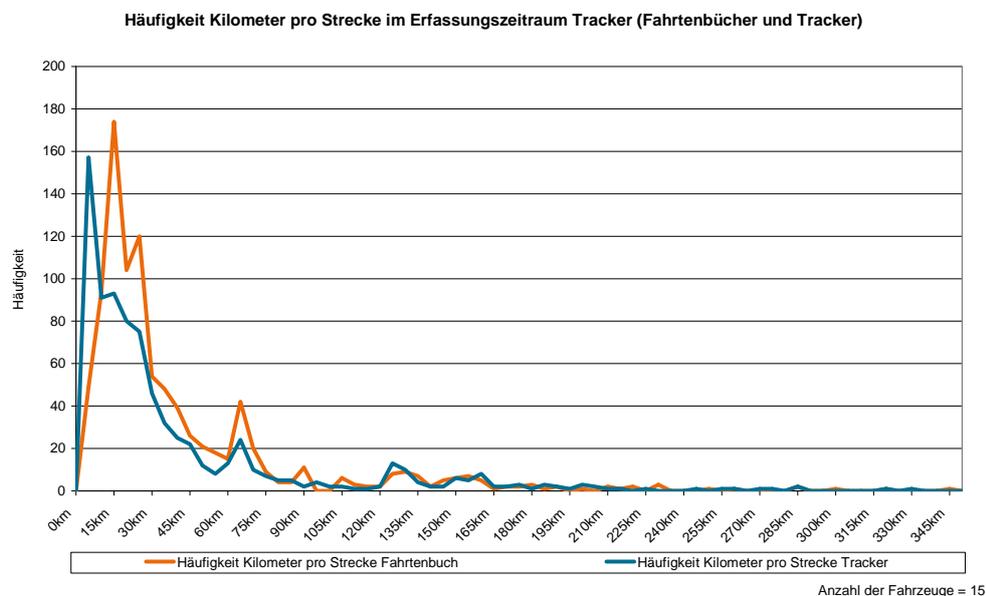
Mit diesen Systemen können zum einen eine recht detaillierte Betrachtung und zum anderen eine Übertragung auf ein oder gar zwei Jahre erfolgen.

Die Datenbelastbarkeit und die Übertragbarkeit ist zufriedenstellend, sollte aber dennoch nur als Tendenz und nicht als quantitative Aussage für alle 450 Fahrzeuge verwendet werden.

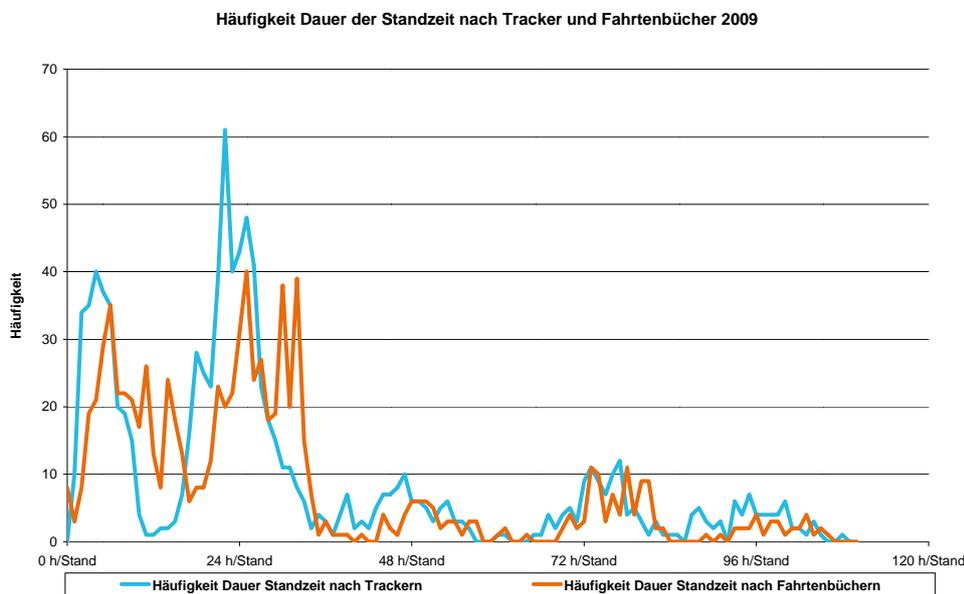
## 2.2 Einsatz von Elektrofahrzeugen in der badenova-Flotte

In Deutschland fahren gewerbliche Fahrzeuge (laut KID-Studie 2002) im Schnitt 76,8 km/Tag. Somit ist pauschal bei nächstlicher Ladung der Batterie kein Nachteil bei Elektrofahrzeugen bezüglich der Reichweite zu erwarten (angenommene Reichweite ca. 100 km).

Auch in der badenova-Flotte sind folgende maßgebende Faktoren aus der Flottenauswertung zu ermitteln gewesen (Abbildung 2):



**Abbildung 2: Häufigkeit der Distanz von Fahrten nach Trackern und Fahrtenbüchern.**



**Abbildung 3: Häufigkeit der Standzeitdauer nach Trackern und Fahrtenbüchern (n=15)**

Die meisten gefahrenen Distanzen (n=15) lagen unter 50 km (Peak bei 7 bzw. 15 km) die Fahrdauer lag mehrheitlich bei ca. einer Stunde, jedoch waren vermutlich ca. 1/3 der Fahrzeuge nachts nicht auf dem Betriebshof.

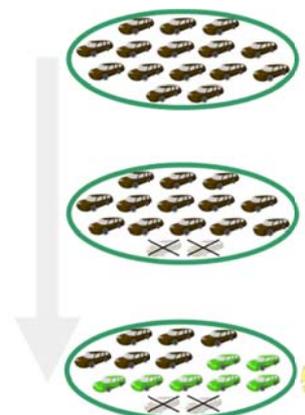
Die Parkdauer auf dem Betriebshof hatte einen Peak bei 4 bis 6 Stunden und ebenfalls bei 22 bis 32 Stunden (nächster Tag).

Die Auslastung der Flotte während der betrachteten vier Monate lag selten bei mehr als 70% (11 von 15 Fahrzeugen).

Hieraus lässt sich ableiten, dass bei den geringen Kilometerleistungen von <50 km und der kurzen Einsatzzeit von <4 Stunden sich Elektrofahrzeuge gut in die Flotte integrieren lassen.

## 2.3 Exemplarische Substitution

An die überschlägige Untersuchung schloss sich eine fahrtenspezifische Zuteilung der Fahrzeuge gemäß ihrer technischen Einsatzfähigkeit (kann die Strecke durch das gewählte Fahrzeug geleistet werden) und gemäß ihrer Treibstoffkosten (Zuteilung des Fahrzeugs mit den geringsten spezifischen Kosten (ohne Invest)) an.



Die Analyse wurde anhand einer Simulation durchgeführt, in der die Fahrtenbuch- und Trackerdaten eingespeist wurden. Es wurden fünf Szenarien untersucht. Für die Vergleichbarkeit wurde zuvor eine Standardisierung, basierend auf diverse Annahmen und Berechnungen, der Fahrzeuge durchgeführt. Weitere Details sind in den ausführlichen Studien oder dem umfangreiche Abschlussbericht zu entnehmen.

---

Einsetzbarkeit von  
Elektrofahrzeugen in der  
badenova-Fahrzeugflotte

---

### **2.3.1 Technische Bewertung; Ergebnisse der exemplarischen Substitution**

Die detaillierten Ergebnisse können aus Datenschutzgründen hier nicht dargestellt werden. Grundlegende Aussage ist allerdings, dass von den untersuchten Fahrzeugen ca. 40% durch Elektrofahrzeuge ersetzt werden können. Dabei haben die Elektrofahrzeuge ca. ein Viertel der Kilometerleistung abgedeckt was jedoch ca. 70% der Fahrten entsprach. Durch die Vergrößerung der Batterie von 20 auf 30 kWh ließ sich sogar die Hälfte der Fahrzeuge ersetzen.

### **2.3.2 Ökologische Bewertung; Ergebnisse der exemplarischen Substitution**

Erst durch den in drei Szenarien angesetzten Windstrom wurden erheblich Minderungen im CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Flotte erzielt. So wurden durch den Einsatz der 33% Elektrofahrzeuge eine Reduktion von ungefähr 30 % des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes erreicht.

Mit einem weiterführenden Einsatz der Elektrofahrzeuge in *Szenario 3* (durch größere Batterien) wurde der CO<sub>2</sub>-Gesamtausstoß um ca. 40 % auf knapp 90 g/km reduziert. Hier ist zu beachten, dass für dieses Szenario sogar dem Windstrom eine vergleichsweise hohe Emission zugerechnet wurde (s. Annahmen).

Hieraus ist deutlich erkennbar, dass bereits ein kleiner Anteil an Elektrofahrzeugen, die mit Windstrom (oder anderem umweltfreundlichen, nachhaltigen Strom) betrieben werden, einen großen ökologischen Vorteil, im Laufe ihres Betriebs, darstellt.

### **2.3.3 Ökonomische Bewertung; Ergebnisse der exemplarischen Substitution**

Für den ökonomischen Vergleich der errechneten Szenarios wurde auf eine Betrachtung nach der Kapitalwertmethode verzichtet und nur anfallende Energiekosten berechnet. Grund hierfür ist, dass aus der Erhebung über 3 Monate nicht auf die Einsatzzeit von 10 Jahren geschlossen werden konnte.

Anhand der detaillierten Ergebnisse lässt sich erkennen, dass die Betriebskosten durch zwei Ereignisse verringert wurden: Erstens durch den Wegfall der Benzinfahrzeuge. Zweitens durch den Einsatz von Strom als ein preiswerterer Energieträger.

Da die alleinige Betrachtung der Energiekosten nur einen Ausschnitt des Bildes zeigt wurden 20 Fahrtenbücher über ein gesamtes Jahr (2009) ausgewertet. Hieraus ergab sich, dass die geringen Energiekosten nicht den hohen Invest wettmachen können. Erst ab einer gesamten Kilometerleistung von ca. 180.000 km wird die Anschaffung von Elektrofahrzeugen derzeit lohnenswert. Dieser überschlägige Grenzwert sinkt mit fallenden Anschaffungskosten, die im Lauf der nächsten Jahre zu erwarten sind.

## 3 Effekte im Stromversorgungsnetz durch Elektromobilität

Die im Projekt durchgeführten Untersuchungen zur Netzbelastung beantworten die Frage, inwiefern sich durch die Substitution (Austausch, Ersatz) des aktuellen PKW-Bestandes in Freiburg durch Elektrofahrzeuge die Belastung der Stromnetze, in Abhängigkeit der Ladestrategie oder des Ladekonzeptes, verändert. Mit Hilfe verschiedener Simulationen wurden in einem ersten Schritt die Auswirkungen auf das Stromnetz als Ganzes betrachtet, um in einem zweiten Schritt eine beispielhafte Netzmasche in der Niederspannungsebene zu untersuchen. Hierzu wurden verschiedene Werkzeuge entwickelt, welche die nötigen Daten erzeugen bzw. aufbereiten. Die entwickelten Tools wurden beispielhaft auf ein lokal begrenztes Stromnetz, der Stadt Freiburg i. Breisgau angewandt.

### 3.1 Effekte in der regionalen Energieversorgung durch eine hohe Durchdringung mit Elektrofahrzeugen

Wie sich der elektrische Wochenlastgang einer Region, durch die Umstellung auf Elektromobilität verändert wurde durch mehrerer Simulationen dargestellt. Dabei standen Fragen wie:

- Wie hoch ist der zusätzliche Energie- bzw. Leistungsbedarf und
- wann fällt dieser an und
- wie lässt sich sicherstellen, dass hohe Anteile von erneuerbaren Energien zur Beladung der Elektrofahrzeuge genutzt werden?

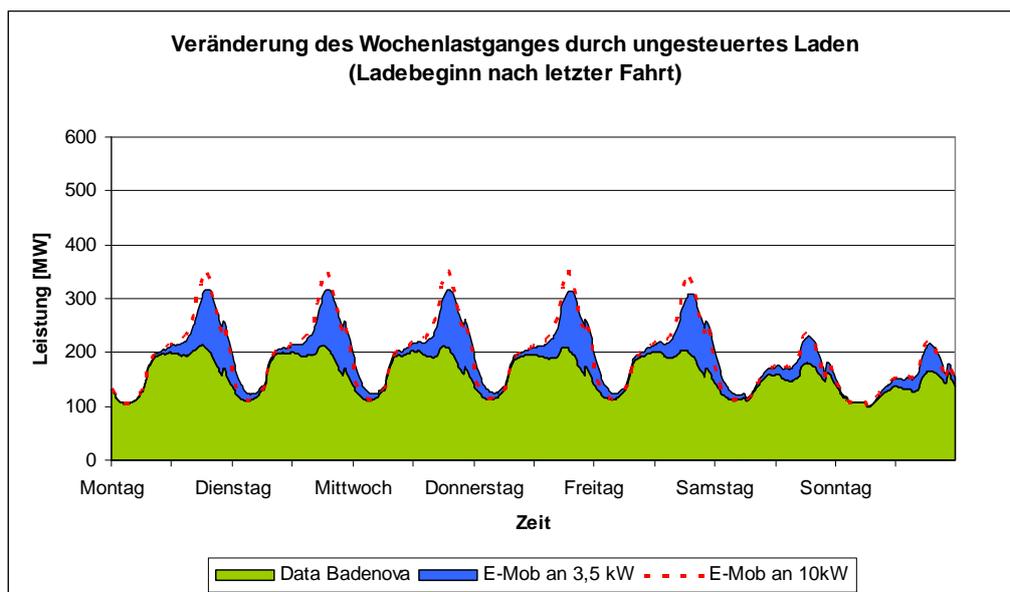
Die Simulation beruht auf statistischen Auswertungen eines Datensatzes zum Mobilitätsverhalten in Deutschland<sup>1</sup>, daraus abgeleiteten zeitlich aufgelösten, fünfzehnminütigen Energieanforderungsprofilen zur Ladung sowie Netzdaten aus der Region Freiburg.

<sup>1</sup> FOLLMER, Robert ; ENGELHARDT, Kay ; GILBERG, Reiner ; SMID, Menno ; KUNERT, Uwe ; KLOAS, Jutta ; KUHFIELD, Hartmut: Mobilität in Deutschland - Kontinuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten - Endbericht. Clearingstelle Verkehr des DLR. 2002. – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)

Dabei wurden folgende Variationen durchgespielt:

- ungesteuerte Beladung der Fahrzeuge
  - o Szenario 1: Ladebeginn nach jeder Fahrt
  - o Szenario 2: Ladebeginn um 18 Uhr
  - o Szenario 3: Ladebeginn nach letzter Fahrt
- gesteuerte Beladung der Fahrzeuge
  - o Beschränkung der Spitzenlast im Netz auf historische Lastspitze
  - o Verschiebung der Ladevorgänge auf die Nacht
  - o optimierte, tarifgesteuerte Beladung

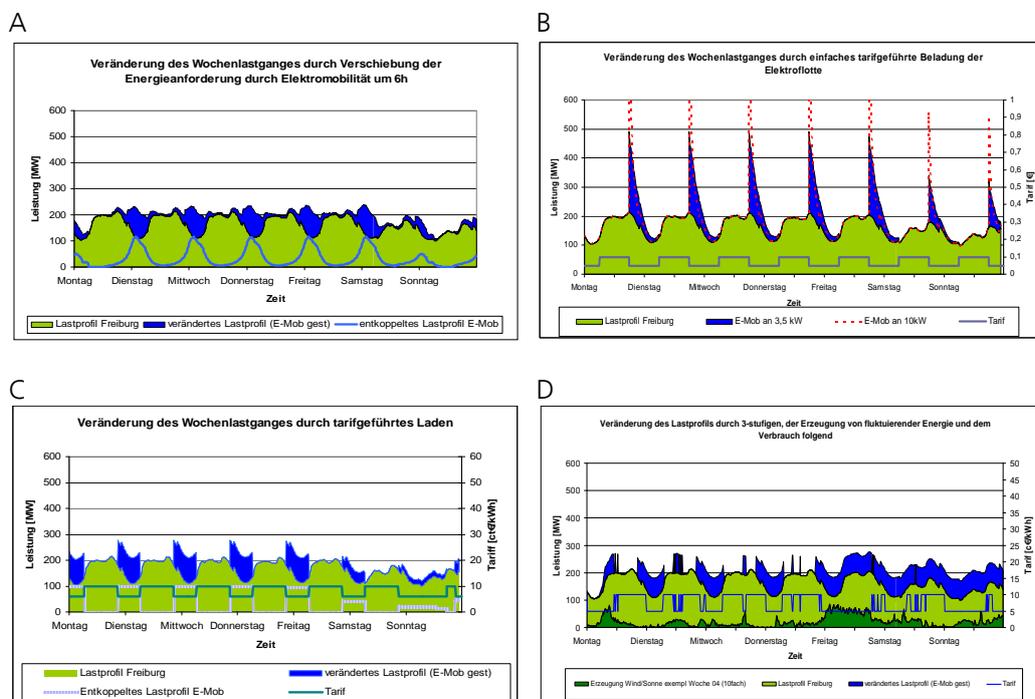
Die Untersuchungen zeigen, dass sich der Energiebedarf der Stadt, im Falle einer 100%igen Substitution des aktuellen PKW-Bestandes durch Elektrofahrzeuge, um ca. 31% erhöhen wird. Je nach Anschlusskonzept kann dies jedoch zu drastisch erhöhten Lastspitzen (bis zum 4-5 fachen des aktuellen Wertes) führen.



**Abbildung 5: Wochenlastgang Freiburg (grün) mit zusätzlichem Leistungsbezug durch Elektrofahrzeuge bei 100% Durchdringung**

Die geringsten Lastspitzen für ungesteuerte Beladung treten im Falle des sofortigen Nachladens im Anschluss einer jeden Fahrt auf. Höhere Lastspitzen sind zu erwarten, wenn nicht nach jeder Fahrt nachgeladen wird.

Die anschließenden Simulationen von Lastmanagementoptionen (also gesteuerter Ladung) zeigten, dass geeignete Ladestrategien nur die Leistungsnachfrage gleichmäßiger verteilen und Lastspitzen deutlich absenken können.



**Abbildung 6: Wochenlastgang Freiburg mit modifizierten Energiebedarfsprofilen und möglichen Spitzenlasten durch hohe Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge**  
**A-Verschiebung der Ladung um 6 Stunden nach Ankunft**  
**B-Gleichzeitigkeitseffekte durch einfachen Zweistufentarif**  
**C-Tarifgeführtes Laden mit Zweistufentarif und intelligenter Verteilung**  
**D-Tarifgeführtes Laden basierend auf Anteil erneuerbarer Einspeiser**

Alleine durch die Verschiebung der Ladung um sechs Stunden (A) kann die beste Glättung, also Verschiebung der zusätzlichen Lasten in nächtliche Nebenlastzeiten erreicht werden. Durch die Einführung eines Zweitarifsystems (B) entstehen ohne intelligente Verteilung der Anfangszeiten der Ladung extreme Lastspitzen durch auftretende Gleichzeitigkeitsmomente. (C) Durch die gleichmäßige Verteilung des elektromobilen Lastgangs auf die Niedertarifzeit (intelligente Steuerung des Ladebeginns) kann eine Annäherung an ein ausgeglichenes Lastprofil erreicht werden. Passt man das Tarifsignal an die regionale, erneuerbare Stromerzeugung an, so können zu den geringen additiven Lastspitzen noch die Verwendung eines großen Teils erneuerbaren Stroms garantiert werden.

## 3.2 Effekte im Verteilnetz durch Elektromobilität

Es ist zu erwarten, dass ein großer Anteil von künftigen Elektrofahrzeugen im Bereich des privaten Umfeldes also im Niederspannungsnetz geladen wird. Diese Analyse baut auf den Überlegungen vorhandener Studien<sup>2</sup> auf und geht durch die Verwendung zeitlich hoch aufgelöster Daten zu Fahrzeiten und -strecken und die Erweiterung um eine Lastflussanalyse einen Schritt weiter, so dass Auswirkungen auf die Betriebsmittel im Niederspannungsnetz ermittelt werden können.

Hierzu wurde eine geeignete Netzmasche ausgewählt und in ein Lastflussanalysetool integriert. Die ausgewählte Netzmasche besteht aus ca. 2,4 Kilometern Erdkabeln und versorgt ca. 179 Haushalte über 83 Hausanschlüsse.

Das untersuchte Verteilnetz hat grundlegend eine Aufnahmefähigkeit von ca. 46 gleichzeitig ladenden Fahrzeugen (bei Anschlussleistung von 3,5kW). Dies entspricht bei einer hundertprozentigen Substitution der PKW durch Elektrofahrzeuge einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,25 (25%).

Im Falle einer Beladung der Fahrzeuge mit 10 kW reduziert sich die maximale Akzeptanzschwelle des bestehenden Netzes auf ca. 16 Fahrzeuge (GZ = 0,09). Will man mehr Fahrzeuge gleichzeitig versorgen ist ein Netzausbau nur durch intelligente Lademanagementsysteme vermeidbar.

## 3.3 Zusammenfassung der Auswirkungen der Elektromobilität auf das Stromversorgungsnetz in Freiburg

Was die vorhergehenden Untersuchungen klar gezeigt haben lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Durch Elektromobilität (angenommene 100%ige Durchdringung, Anschlussleistungen 3,5 bzw. 10kW im Verteilnetz) ist eine ca. 31% gesteigerte Stromnachfrage zu erwarten
- Die Lastspitzen können jedoch (je nach Steuerung) auf ca. 30% begrenzt oder in unglücklichen Fällen auf 230% steigen.
- Dadurch wird eine intelligente Ladung – gerade im Niederspannungsnetzbereich - essentiell

---

<sup>2</sup> vgl. PEÇAS LOPES, J. A. ; SOARES, F. J. ; ALMEIDA, P. M. ; SILVA, M. M. da: Smart Charging Strategies for Electric Vehicles: Enhancing Grid Performance and Maximizing the Use of Variable Renewable Energy Resources. In: Electric Vehicle Symposium - EVS 24, 2009

Vgl. BLANK, Tobias: Elektrostraßenfahrzeuge – Elektrizitätswirtschaftliche Einbindung von Elektrostraßenfahrzeugen / FFE Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. 2007. – Forschungsbericht

- Bei der Untersuchung des exemplarischen Niederspannungsnetzes, das sehr stabil ausgelegt ist, war ersichtlich, dass eine 100%ige Durchdringung mit Fahrzeugen möglich ist (Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,25), sofern die Ladeleistung auf 3,5kW beschränkt ist.
- Auch ein stabiles Netz kann eine Ladung von Fahrzeugen mit 10kW nur zu ca. 30% gewährleisten (16 von 46 Fahrzeugen).
- Alternativ entstehen Netzausbaukosten zwischen 40.000 und ca. 290.000 Euro, je nachdem ob die Versorgung über 3,5 oder 10 kW sichergestellt werden soll.
- Auch hier ist die Bereitstellung von intelligenter Infrastruktur folglich sinnvoll um die Netzausbaukosten zu reduzieren.
- 

## 4 Konzeption & Aufbau einer Ladeinfrastruktur, Feldbetrieb E-Fahrzeug

Essentieller Inhalt des Projektes war es reale Erfahrungen mit dem Betrieb eines oder mehrerer Elektrofahrzeuge zu sammeln und die benötigte Ladeinfrastruktur auf dem Betriebshof der Badenova und des Fraunhofer ISE aufzubauen.

### 4.1 Einsatz Elektrofahrzeug in die badenova-Flotte

Bereits zu Anfang des Projektes sollte ein Elektrofahrzeug angeschafft werden. Die fehlende Marktverfügbarkeit von ausgereiften Fahrzeugen führte 2010 dazu, dass eine temporäre Lösung mit einem gemieteten, bereits 10 Jahre alten Fahrzeug (Hotzenblitz) umgesetzt wurde. Die folgenden Monate waren jedoch primär durch negative Erfahrungen gezeichnet, da das Fahrzeug mehrmals reparaturanfällig und sehr wartungs- und pflegeintensiv war. Diese Erfahrung kann jedoch nicht auf andere E-Fahrzeuge übertragen werden. Im Sommer 2011 entschied sich die badenova ein Mitsubishi iMiEV zu beziehen mit dem ausschließlich positive Erfahrungen gesammelt wurden.



**Abbildung 7: Fotos von eingesetzten Fahrzeugen (Hotzenblitz, Mitsubishi iMiEV, Toyota Prius PlugIn-Hybrid am Fraunhofer ISE)**

## 4.2 Konzept der Ladeinfrastruktur im Projekt

Konzeption & Aufbau einer Ladeinfrastruktur, Feldbetrieb E-Fahrzeug

Die ersten Besprechungen zum Leistungsumfang der Ladesäule und der zugehörigen Infrastruktur fanden im Frühjahr 2010 statt. In Gesprächen mit Badenova Netze, dem Innovationsfond und weiteren Partnern entschied man sich für eine sehr leistungsstarke Ladeinfrastruktur. Hintergrund war, dass das System jeder Zeit veränderbar und upgradebar sein sollte.

Zwei Ladesäulen wurden mit gleicher Architektur aufgebaut (Standort: Badenova Betriebshof, Fraunhofer ISE Gelände). Grundlegend sind zwei Stecker pro Ladesäule, ein Typ2-Stecker (Mennekesstecker) sowie ein Schukostecker, verbaut. Die Zuleitung erlaubt Leistungen bis ca. 100kW.

### 4.2.1 Das Interface, das Menü

Die Interaktion mit dem Nutzer erfolgt über ein Touchscreen. Das Menü ist intuitiv. Nutzer müssen zuvor angemeldet werden; über eine PIN kann die Authentifizierung stattfinden.

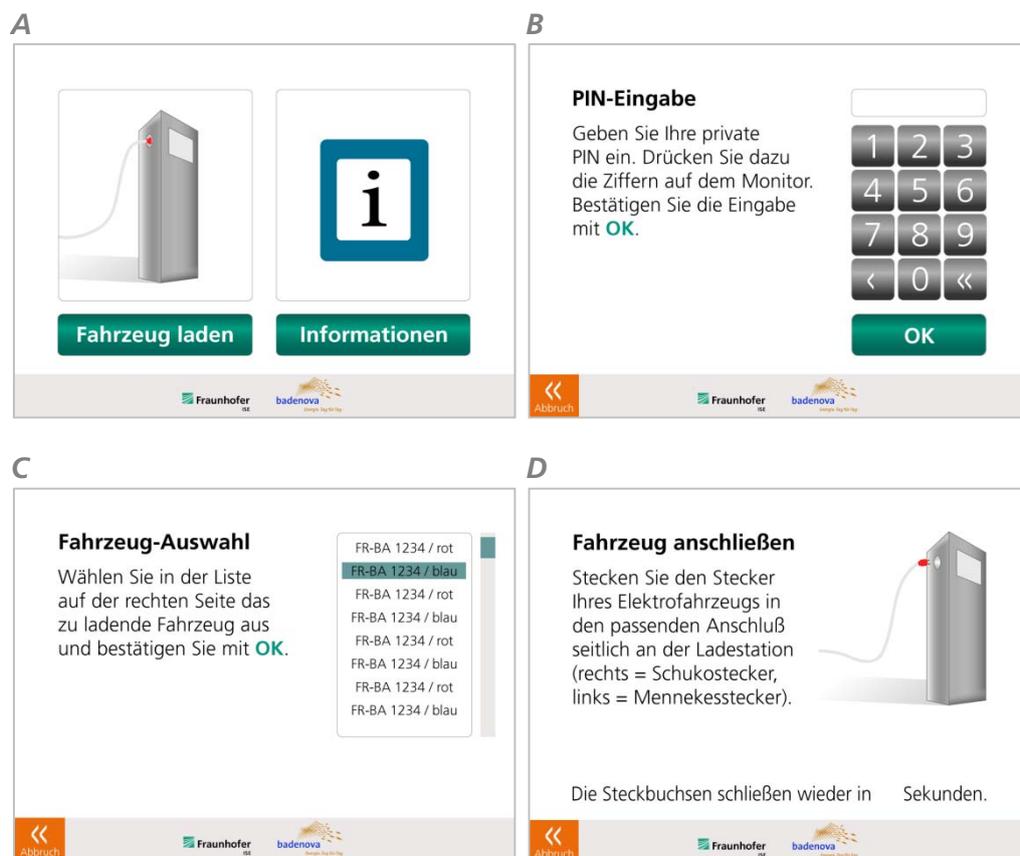


Abbildung 8: exemplarische Screenshots der Benutzerführung

## 4.2.2 Das Backend

Beide Ladesäulen sind mit einem zentralen Server verbunden auf dem die Fahrzeug- und Nutzerverwaltung so wie auch die Ladesäulenverwaltung selber läuft. Über ein Webinterface können hier Einträge verändert, Rechte vergeben und Daten zu vergangenen und aktuellen Ladevorgängen ausgelesen werden.

Ableitung von Geschäftsmodellen  
für Energieversorger

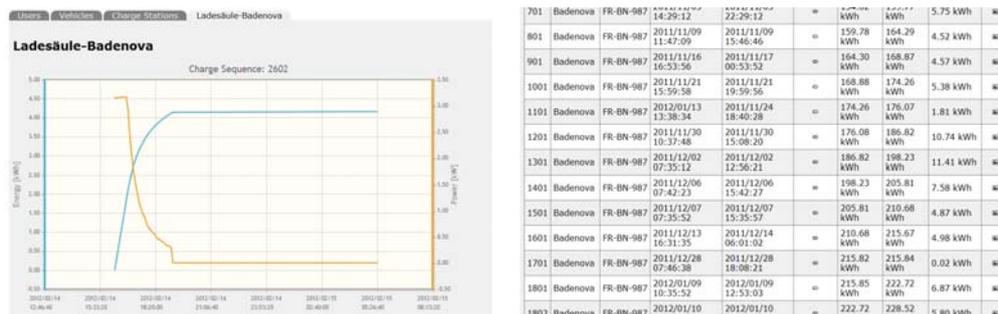


Abbildung 9: Screenshots vom Webinterface zur Datenanzeige einzelner Ladevorgänge

## 4.2.3 Batterie-Füllstand-Schätzer

Ein weiterer innovativer Ansatz der in diesem Projekt aufgesetzt wurde ist die Schätzung der momentanen, verbleibenden Batteriekapazität anhand von GPS-Fahrdaten. Hierzu wurde ein Algorithmus entwickelt, der basierend auf den dreidimensionalen GPS-Daten die in Echtzeit oder nach Beendigung der Fahrt aus dem GPS-Tracker des Fahrzeugs ausgelesen werden den Verbrauch während der letzten Fahrt ermittelt. Dies ist hilfreich, da der Batteriefüllstand nicht aus dem Batteriemangement des Fahrzeugs automatisch ausgelesen werden kann. Über die Kenntnis der fehlenden Energiemenge kann die benötigte Ladedauer abhängig von der Leistung der Ladesäule ermittelt werden und hierüber ist ein intelligentes Lademanagement von Fahrzeugen ohne Einschränkungen des Nutzers möglich.

Dieser Ansatz wird in anderen Forschungsprojekten weiterentwickelt.

## 5

### Ableitung von Geschäftsmodellen für Energieversorger

Aus den großen Herausforderungen die die Elektromobilität (neben ihren Vorteilen) mit sich bringt wie z.B. die höheren Anschaffungskosten, die beschränkte Reichweite, die langen Ladezeiten etc., entsteht das Hauptproblem, dass bisher nur sehr theoretische Geschäftsmodelle definiert wurden. Auch entsteht insbesondere für Energieversorger die Frage dieses neue Geschäftsfeld zu ergünden oder nicht.

## 5.1 Identifikation von Geschäftsfeldern

Aus vorhergehenden Überlegungen heraus wurde im Zuge des Projektes eine kurze Studie zu „Geschäftsfelder zur E-Mobilität, Identifikation von möglichen Geschäftsfeldern für EVU im Elektromobilitätsmarkt“ erstellt.

In dieser Studie werden Geschäftsbereiche nach der Wertschöpfungskette der Elektromobilität eingeteilt:

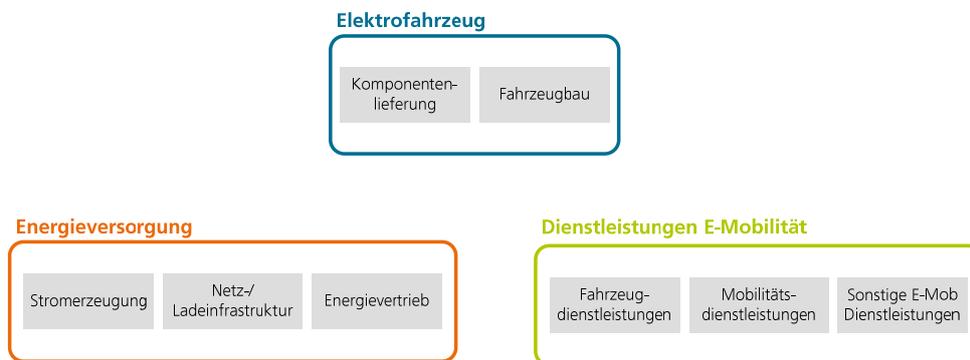


Abbildung 10: Grobeinteilung Wertschöpfung Elektromobilität

Weiter werden die relevanten Sektoren (Energieversorgung und Dienstleistungen E-Mobilität) wie folgt aufgegliedert:



Abbildung 11: Betrachtete Geschäftstätigkeiten



Abbildung 12: Betrachtete Geschäftstätigkeiten

In all diesen Bereichen wurden mögliche Geschäftsideen abgeleitet. Da alle Bereiche stark durch die Entwicklung der Elektromobilität geprägt sind (Kosten, Durchdringung etc.) wurden die unterschiedlichen Qualitäten der Geschäftsideen auf einen potenziellen Markteintritt datiert.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass verschiedene Geschäftstätigkeiten im Bereich der Elektromobilität für Energieversorgungsunternehmen, auch für die Region südlicher Oberrhein, interessant sein können. Für manche der analysierten Geschäftstätigkeiten ist es unerlässlich geeignete Partnerschaften zu schließen um Wissen sowie Technologien zu nutzen und die teilweise hohen Anfangsinvestitionen zu reduzieren.

Aktuell sollten vor allem im Bereich der Energieversorgung der Fahrzeuge, beispielsweise dem Energievertrieb und dem Ladestellenbetrieb (nicht im öffentlichen Raum) verstärkt Entwicklungsarbeiten geleistet werden. Mit relativ geringem Aufwand lassen sich so Produkte generieren. Zu erwartende Kunden kommen sowohl aus dem Privat- als auch Geschäftsbereich (Flottenbetreiber), welche Elektrofahrzeuge trotz hoher Kosten anschaffen und meistens über die Möglichkeit eines privaten Stellplatzes verfügen. Dabei ist mit einem noch geringen Energiebedarf zu rechnen, es lassen sich allerdings wichtige Informationen zu Nutzerverhalten und Kundenwünschen für einen möglichen Massenmarkt generieren. Mit der Elektromobilität verbundene Dienstleistungen werden erst mit einer größeren Anzahl an Elektrofahrzeugen tatsächlich auch interessant.

Weiterhin konnte gezeigt werden, dass basierend auf den Annahmen des Energiekonzepts der Bundesregierung auch in der Region südlicher Oberrhein bis 2020 mit bis zu 12.000 Elektrofahrzeugen ein nicht unerheblicher Markt im Entstehen ist. Allgemein darf die Thematik der Elektromobilität nicht isoliert betrachtet werden. Intelligente Netze und dezentrale Energieerzeugung sind branchenweite Zukunftsthemen, die Elektromobilität kann hier als Bestandteil der zukünftigen Investitionen genutzt werden.

## 6 Öffentlichkeitsarbeit

Das Thema Öffentlichkeitsarbeit wurde immer in Abstimmung mit allen Partnern koordiniert. Während des Projektes haben viele öffentlichkeitswirksame Events stattgefunden. Auch in den Medien wurde das Thema mehrfach platziert. Hier eine kurze Liste wichtiger Ereignisse:

Bereits zum Auftakt des Projektes gelang es **die Roadshow zum angekündigten Mitsubishi iMiEV** nach Freiburg ans ISE zu holen, wo sich alle Projektpartner präsentieren aber auch informieren konnten. Mit weit über 80 Journalisten und Gästen eine gelungene Veranstaltung, bei der auch das Probefahren der E-Fahrzeuge möglich war.



Der **Informationstag zum Badenova Innovationsfond** bot interessierten Kunden der Badenova eine weitere Möglichkeit sich über die Tätigkeiten des Energieversorgers in diesem Bereich zu informieren.

Im **Badenova Forum zum Thema Elektromobilität** wurden die Ergebnisse der Flottenerhebung mit interessierte Mitarbeitern und Externen diskutiert.

Die **Energietour der Badenova** in der Messe Offenburg rund um das Thema Elektromobilität war ebenfalls ein gutes Forum, um sich mit dem Thema auseinander zu setzen.

Weitere Termine wie die **Präsentation in der Handelskammer in Lörrach, Präsentation bei einem US-Automobilhersteller** oder bei der **Daimlerniederlassung in Freiburg** (Präsentation E-Smart) zeigten die gemeinsamen Tätigkeiten auch in Übersee auf.

Unter [https://www.badenova.de/web/de/umweltundregion/mobilitaetderzukunft/Mobilitaet\\_der\\_Zukunft.html](https://www.badenova.de/web/de/umweltundregion/mobilitaetderzukunft/Mobilitaet_der_Zukunft.html) entstand eine **Internetseite** die die essentiellen Informationen des Projektes für jedermann zugänglich hält.



**Weitere Zeitungartikel, Interviews und Fernsehbeiträge** mit regionaler und überregionaler Reichweite haben das Projekt ebenfalls in die Öffentlichkeit getragen.

