



Lörrach

stadtmobil
CarSharing Südbaden

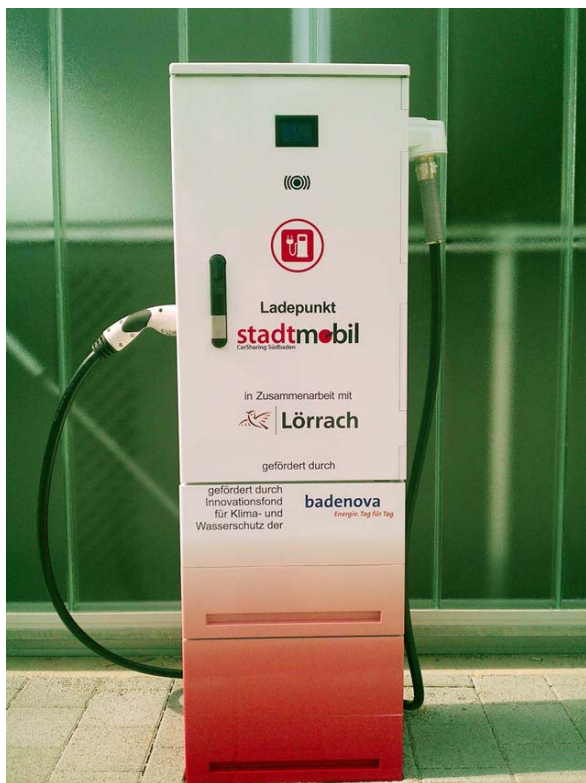
Gefördert durch den
Innovationsfonds
Klima- und Wasserschutz

badenova
Energie. Tag für Tag

Projekt 2011-7

Lörrach macht Elektrizität mobil

Abschlussbericht und Quintessenz



Ansprechpartner

Stadt Lörrach

Fachbereich Umwelt und Klimaschutz

Christine Wegner-Sänger, Telefon: 07621 / 415 – 261

E-Mail: c.wegner-saenger@loerrach.de

Stadtmobil Südbaden AG, Freiburg i. Br.

Michael Nowack, Telefon: 0761 / 23020

E-Mail: michael.nowack@stadtmobil-suedbaden.de

31. Juli 2016

Inhalt

1	Wesentliche Projekterkenntnisse	5
2	Projektüberblick	6
2.1	Ziele und Herausforderungen	7
2.2	Zeitplan und Projektteam	8
2.3	Budgetplanung und Förderung	9
3	Umsetzung	9
3.1	Studien	9
3.1.1	Befragung der Nutzer	9
3.1.2	Technische Analyse des Fraunhofer ISE und Fahrdatenanalyse (Auswertung der Nutzer Daten von CarSharing)	11
3.1.3	Meilenstein Nutzeranalyse und Entscheid über Projektfortführung	12
3.2	Technische Umsetzung Ladesäulen	13
3.2.1	Stand der Markttechnik – Marktanalyse	13
3.2.2	Technische Daten der Ladesäulen und Nutzungsanforderungen	15
3.2.3	Standortwahl	16
3.2.4	Aufstellungsort – Elektrotechnische und weitere zu beachtende Aspekte	17
3.2.5	Ablauf Beladung	18
3.3	Technische Umsetzung Fahrzeuge	20
3.3.1	Stand der Markttechnik – Marktanalyse	20
3.3.2	Auswahl des Fahrzeuges	20
3.4	Umsetzung des elektrischen Betriebs im CarSharing	21
3.4.1	Normaler Buchungsablauf bei konventionell-angetriebenen Fahrzeugen	21
3.4.2	Veränderter Ablauf des Buchens/Nutzens durch e-Fahrzeuge	21
3.4.3	Integration RFID-Chips	22
3.5	Praxistests	22
3.5.1	Geräuschsimulation für Blinde und sehbehinderte Menschen	22
3.5.2	Probefahrten	23
3.5.3	Beta-Test der CarSharing Nutzer	23
3.5.4	Ladezeit- und Stromstärkenmessungen	24
3.6	Betrieb der Komponenten im Zusammenspiel	25
3.6.1	Kommunikationsablauf bei Störungen im Normalfall bei Stadtmobil	25
3.6.2	Kommunikationsablauf bei Störungen bei der Rückgabe von e-Fahrzeugen in die Beladung	25
3.6.3	Aufgetretene Störungen	25
3.6.4	Lösungsansätze zur schnellen Fehlerbehebung im Betrieb	26
3.7	Betrachtung der Wirtschaftlichkeit	26
3.7.1	Investitionskosten	26
3.7.2	Betriebskosten	27
3.7.3	Verbesserung der Wirtschaftlichkeit	27

4	<i>Auswirkung der Umsetzung</i>	28
4.1	Betriebliche Auswirkungen	28
4.2	Pufferzeitenoptimierung durch Erfahrungswerte	28
4.3	Übertragbarkeit der Projektergebnisse	29
5	<i>Zusammenfassung/Fazit</i>	29

1 Wesentliche Projekterkenntnisse

1.	<p>Ein ERSATZ von konventionellen Fahrzeugen im CarSharing-Fuhrpark mit Ergänzung durch konventionell angetriebene Fahrzeuge, für den Einsatzzweck und die Reichweiten, die e-Autos nicht erfüllen können, ist möglich.</p> <p>Die in Bundesverkehrsstudien veröffentlichten Zahlen über durchschnittliche Streckenlängen von PKW-Fahrten in Agglomerationen (vgl. MID Studie¹) und damit deren Komptabilität der nutzbaren Reichweiten der Speicher von Elektromobilen wurden über Buchungsauswertungen von CarSharing-Nutzungen bestätigt.</p> <p>Die Praxis zeigt, dass der Großteil der Fahrten keine großen Fahrtweiten hat und grundsätzlich fast keine Nachladezeiten nötig wären für die tägliche Nutzung, da zumeist das Auto mit einem recht vollen Akku zurück gebracht wird.</p> <p>Reichweitenängste von Kunden sind unbegründet. Man muss Ihnen aber psychologisch begegnen.</p> <p>Auch und insbesondere im ländlicheren Raum bzw. außerhalb von großen Ballungsgebieten kann e-Mobilität im Carsharing den Mobilitätsanforderungen der Menschen gerecht werden.</p>
2.	<p>Höhere Ladeströme mit Gleichstromladung sind außer ggf. für den Einsatz an Autobahnen / weite Autoreisen nicht unbedingt notwendig, wenn ein flächendeckendes Nachladesystem vorhanden ist. Man könnte auch mit günstigeren Wechselstromladesäulen weiter den generellen Infrastrukturausbau in Deutschland vorantreiben.</p>
3.	<p>Für den privaten Einsatz wie z.B. Parken und Nachladen bei Einkaufsgängen in die Innenstadt sind Beladezeiten von 1,5-2 h für eine Ladung (22 kW / 32 A AC) von leer auf voll durchaus akzeptabel. Sollten aber die „Stillstandszeiten“ der Fahrzeuge, wie in einem CarSharing-Betrieb (insbesondere bei hohen Auslastungsquoten der Fahrzeuge wie in der Innenstadt) reduziert sein, so bietet, die im Projekt genutzte Belademöglichkeit mit Wechselstrom und höheren Strömen (43 kW / 64 A für einen Ladepunkt), aktuell das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis.</p>
4.	<p>Ein technischer Kümmerer, der sich technischen und kommunikativen Probleme im Zusammenspiel der Betriebskomponenten Ladesäule, e-Auto, Buchungssystem und Rückkopplung von Kunden annimmt, ist nötig.</p>

2 Projektüberblick

Der motorisierte Individualverkehr befand sich zum Zeitpunkt der Beantragung der Förderung Ende 2010 in einer technologischen Umbruchphase. Die sich damals abzeichnenden großen Veränderungen bei der Fahrzeugtechnik bzw. in der Entwicklung der Autonutzung halten auch zum Projektabschluss im Juli 2016 an. Die technischen und logistischen Änderungen der automobilen Fortbewegungstechnik führen dazu, dass Automobilkonzerne versuchen mit neuen Modellen, neuen Antrieben und Steuerungen aber auch mit neuen Mobilitätsangeboten die Zukunft mitzugestalten, wobei in den Jahren der Projektabwicklung eine gewisse Ernüchterung und Marktkonsolidierung bei fast allen Marktbeteiligten zu verzeichnen war. Unabhängig davon, welche Antriebstechnik sich langfristig durchsetzen wird (Wasserstofffahrzeuge, Elektromobile, Hybridsysteme,...) scheint die nachfolgend skizzierte Entwicklung klar: Der Anteil von Automobilen in Privatbesitz wird abnehmen. Stattdessen wird das Nutzen statt Besitzen zunehmen, da es den Anforderungen insbesondere der jungen Generationen (besonders in Agglomerationen) an flexibler Mobilität besser entspricht, kostengünstiger ist, Probleme wie Staus, Parkgebühren etc. erst gar nicht entstehen und auch diese Art der Autonutzung durch die Verwendung von Mobiltelefonen via „App“ immer einfacher wird. Verkehrswissenschaftler gehen davon aus, dass der bisherige Gebrauch des Automobils als Fortbewegungsmittel für alle Zwecke in den nächsten Jahren vermehrt von der Nutzung multimodaler Angebote abgelöst werden wird.

Automobilverbände und die Bundesregierung bringen die elektrische Mobilität immer wieder mit CarSharing in Verbindung. Die Ergebnisse des vorliegenden Umsetzungsprojektes und seiner Ausgründungen unterstützen die These einer sinnvollen Kombination beider Bereiche. Sie beweisen, dass Elektromobilität nicht nur als ergänzendes CarSharing Angebot sinnvoll ist, sondern in Agglomerationen auch konkret einen ERSATZ von konventionellen Automobilen im Bestand von CarSharing Flotten ermöglicht. Konventionelle Fahrzeuge und Elektrofahrzeuge ergänzen sich dabei in sinnvoller Weise insbesondere im Hinblick auf die auch 2016 immer noch bestehenden geringeren Reichweiten elektrischer Fahrzeuge. Für längere Fahrten kann dann auf konventionelle Fahrzeuge aus dem CarSharing-Pool zurückgegriffen werden.

Bundesweite Verkehrsstudien belegen, dass die überwiegende Zahl der Fahrten in Agglomerationen Streckenlängen aufweisen, die auch Elektromobile mit der derzeitigen Speichertechnik problemlos bewältigen können. Diese 2008/2009 durch die MID Studie¹ veröffentlichten Zahlen wurden in den Ergebnissen auch durch die Buchungsauswertungen der CarSharing Kunden bestätigt. Auch hier sind die Streckenlängen größtenteils in einem Bereich, der weit unterhalb der Reichweite heutiger elektrisch angetriebener Fahrzeuge liegt.

Aus diesem Grunde sind Elektromobile als Ergänzung geradezu prädestiniert für Gebiete, in denen der Modal Split der Verkehrsträger möglichst ausgewogen ist und der motorisierte Individualverkehr nur einen geringeren Anteil am Verkehrsaufkommen ausmacht. Dies ist in Deutschland meist in großen Agglomerationen der Fall. Jedoch beweisen die Ergebnisse des Projektes, dass Elektromobilität auch in einer mittelgroßen Stadt einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden kann. Langfristige Investitionen einer Kommune in eine gute Verkehrsplanung und -infrastruktur – wie sie im Rahmen des

1 Studie „Mobilität in Deutschland“ <http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/mid2008-publikationen.html>

eea gefordert wird, zur Sicherung des Modal Splits und damit zur langfristigen Unterstützung des Klimaschutzes, zahlen sich in jedem Fall aus.

Für einen der größten CarSharing-Verbünde in Baden-Württemberg war Lörrach als Einführungsstandort ideal; einerseits wegen der guten verkehrlichen Voraussetzungen, andererseits gewährleistete Lörrach als mittelgroße Stadt noch die Überschaubarkeit des Projektes. Beide Projektpartner wollten das innovative Potenzial, das in der Kombination von Technik und gesellschaftlicher Veränderung liegt, im Sinne eines umweltverträglichen Mobilitätsmixes ausschöpfen.

Im Rahmen des Projektes wurden drei konventionelle Autos der CarSharing-Flotte durch Elektromobile ersetzt. Außerdem wurde eine Ladeinfrastruktur entwickelt, die aufgrund der Schnelligkeit der Beladung immer noch hochinnovativ ist und möglichst geringe Stillstandszeiten zwischen den Nutzungen realisiert. Vor der eigentlichen Umsetzung und der technischen Marktanalyse wurden die Nutzer befragt, mögliche Vorurteile eruiert und entsprechend angegangen. Die Öffentlichkeit wurde über das Thema informiert, in dem sich die Partner an verschiedenen Aktionen zeigten und das Projekt präsentierten.

Die Ergebnisse des vorliegenden Projektes und auch dessen Ausgründung in ein eigenständiges elektromobiles CarSharing-Unternehmen beweisen, dass eine Mischnutzung zwischen Elektromobilen und konventionellen Fahrzeugen in einem Fuhrpark bzw. im CarSharing auch in einem ländlicheren Raum bzw. mittelgroßen Stadt unter denselben Voraussetzungen wie in der großen Agglomeration funktionieren können. Nachahmer-Projekte können damit auf reale beispielgebende Erkenntnisse zurückgreifen.

2.1 Ziele und Herausforderungen

Die Zielsetzungen bestanden darin, die Annahme bzw. häufig formulierte These zu belegen, dass e-Autos sinnvoll mit CarSharing- Systemen kombinierbar sind. Insbesondere sollte ein echter Ersatz konventionell angetriebener Autos erfolgen, dabei aufzuzeigen, dass Widerstände und die propagierten Reichweitenängste von Nutzern überwindbar und faktisch unbegründet sind. Eine intelligente Integration in das Buchungs- und Bordcomputersystem sollte für Anwenderfreundlichkeit und -sicherheit sorgen. Erstmals kam es zum Einsatz von Schnellladesystemen mit sehr hohen Ladeströmen im CarSharing.

Herausforderungen bestanden darin, auf mögliche Ängste von CarSharing Kunden, insbesondere auf die zum Antragszeitraum bestehenden Reichweiten-Diskussion einzugehen und mit Maßnahmen und Information aller Kunden von Stadtmobil Südbaden konkret zu begegnen, um möglichen Akzeptanzproblemen auszuweichen. Insbesondere war zu klären, ob die verbleibenden konventionell angetriebenen Autos die zusätzlichen Fahrten mit nötigen höheren Reichweiten auffangen können.

Die Chance für Stadtmobil Südbaden war eine innovative Technik im Einsatz direkt ausprobieren zu können. Dabei bestand das Risiko, nach dem Abziehen von konventionell angetriebenen Fahrzeugen keinen größeren „Auffangpuffer“ beim Nicht-Funktionieren für die Fahrzeuge zu haben und damit möglicherweise Kunden zu verschrecken/verärgern und somit negative wirtschaftliche Auswirkungen hinnehmen zu müssen. Insbesondere, da zu Beginn des Projektes völlig unterschiedliche Techniken der Ladesäulen und e-Autos am Markt vorhanden waren und jegliche Normierung fehlte.

Während des Projektes kam es zu technischen Problemen und auch die Ausgründung in ein weiteres reines e-CarSharing führte zu großen zeitlichen Herausforderungen. So galt es, seitens der Projektleitung aller Projektpartner immer wieder zu motivieren.

Um die wirtschaftlichen Risiken für das CarSharing-Unternehmen gering zu halten, konnte die Stadt Lörrach als damals größter Kunde des Unternehmens eine Gewährleistung der Grundauslastung der Elektromobile durch die Nutzung für Dienstfahrten der städtischen Mitarbeiter garantieren. Neben der klimapolitischen Verbesserung in der Stadt Lörrach hat die Stadtverwaltung damit zusätzlich erreicht, dass viele ihrer Dienstfahrten klimaneutral durchgeführt werden können.

2.2 Zeitplan und Projektteam

Das Projekt war in vier Phasen eingeteilt, wovon zunächst die Markt- und Nutzeranalyse je als ein Meilenstein angelegt waren.

1. Analysephase

a) Nutzeranalyse

Analyse der Erwartungen der CarSharing-Kunden einschließlich der Nutzer der Stadt Lörrach.

b) Marktanalyse

Recherche von Problemen bei ähnlichen Projekten in Großstädten, Erschließung von neuen Kundenkreisen zur Elektromobilität. Ermittlung von Widerständen und Zurückhaltungsgründen bei der Nutzung von Elektromobilität. Die Marktanalyse soll maximal auf den potentiellen Kundenkreis von CarSharing in Lörrach beschränkt sein.

2. Planungs- und Vorbereitungsphase

Welche Autotypen werden eingesetzt? Wo stehen diese? Wo können Ladestationen installiert werden? Fragen zu Vandalismus an den Ladestationen etc., Konzept zur Öffentlichkeitsarbeit, Vorbereitende Tätigkeiten zur Einrichtung der Stellplätze

3. Umsetzungsphase

3.1. Umsetzung der Öffentlichkeitsarbeit/Werbekampagne „Pro Elektromobilität“

3.2. Beschaffung der Fahrzeuge, Beschaffung der Ladestation, Einrichtung der Standplätze

3.3. Inbetriebnahme und Nutzung

4. Projektabschluss

Analyse des Erreichten, Übergabe der Fortführung an Stadtmobil Südbaden in den normalen Betriebsablauf. Prüfung der Möglichkeiten der Anschaffung weiterer Elektromobile für die Stadt Lörrach/Gemeindevollzugsdienst. Als Abschlussbericht wird eine Broschüre mit den Projekterfahrungen, erstellt, um einen möglichst großen Nachahmereffekt zu erzielen.

Wäre das Ergebnis der Markt- bzw. Nutzeranalyse zu einem negativen Ergebnis gelangt, wäre zur Vermeidung von finanziell unnötigen Investitionen das Projekt nicht abschließend durchgeführt worden. Dabei ging es wesentlich um die Zustimmung bzw. Ablehnung durch die CarSharing-Kunden. Die Nutzeranalyse war zunächst bis Ende 2011 geplant, wurde aber verlängert, um eine möglichst belastbare Aussagefähigkeit einer möglichst großen Kundenzahl zu erhalten.

Die unübersichtliche Lage bei Ladetechniken und Steckertypen verzögerte die Umsetzung des Projekts deutlich, auch traten Fragen auf, mit denen man zunächst nicht gerechnet hatte, z.B. Anfragen des Behindertenbeirates oder die Frage, wie die Parkplätze zu beschildern sind, um sie gegen Fremdparken zu sichern. Zusätzlich verzögert sich die Projektabschlussphase aufgrund immer wieder vorkommender Technikprobleme, die zunächst aufgrund von Kommunikationsproblemen seitens der Stadtmobil-Nutzer nicht immer sofort behoben werden konnten.

Das Kern-Projektteam bestand neben den beiden Projektleitungen bei der Stadt Lörrach und Stadtmobil Südbaden, insbesondere aus dem Mobilitätsbeauftragten der Stadt Lörrach, Arne Lüers. Daneben aus vielen weiteren KollegInnen u. a. für die Öffentlichkeitsarbeit, dem Gebäudemanagement der Stadt Lörrach, dem Wagenwart von Stadtmobil Südbaden, der Elektroplanung EPS Flöss und dem Team bei EBG compleo, denen allen an dieser Stelle ein herzlicher Dank gilt.

2.3 Budgetplanung und Förderung

Die Förderung des Projektes war essentiell. Insbesondere die Ladesäulen, für die es zu Beginn des Projektes weder einen Standard gab, noch einen Investor, welcher bereit war, diese zur Verfügung zu stellen, musste die Stadt aus eigenem Antrieb finanzieren. Für Stadtmobil Südbaden war die Förderung der damals erheblichen Mehrinvestitionskosten für die Elektrofahrzeuge wesentlich, da es noch keine staatlichen Förderungen und Herstellernachlässe gab.

Der Budgetplan des finanziellen Invests wurde trotz vieler Unwägbarkeiten, die während des Projekts auftraten, eingehalten. Lediglich die Arbeitsstunden, die in das Projekt investiert wurden, sind erheblich höher, da das Projekt aufgrund der größeren nötigen Zeitspannen für Marktanalyse, notwendigen Mehrarbeiten bei der Umsetzung und Behebung von Fehlern, Optimierung eines schnellen Kommunikationsablaufes über technische Probleme zwischen Nutzern, Stadtmobil Südbaden, Stadt Lörrach und dem Ladesäulenhersteller, die Probephase länger dauerte.

3 Umsetzung

3.1 Studien

3.1.1 Befragung der Nutzer

Da sowohl die technische Machbarkeit und damit auch die Nutzbarkeit von e-Mobilität ständig verbessert wurde, lagen die Schwierigkeiten bei der Markteinführung eher in einer möglichen ablehnenden Haltung der Nutzer, als dass sie auf tatsächlichen Fakten beruhten. Aus diesem Grund war es wichtig, für die Marktanalyse einen Partner zu finden, der sowohl die psychologischen Aspekte in der Interaktion Mensch/Maschine bestens analysieren konnte, als auch bereits Fachwissen über den Markt und Technik der e-Mobilität und deren Einschränkungen einbrachte. Da das Fraunhofer ISE, welches mit dem psychologischen Institut der Universität Freiburg zusammenarbeitet, für Elektromobilität eine starke Kompetenz aufwies und örtlich nah verankert ist, wurde dieses vom Projektteam beauftragt, einen Fragebogen zur Komponente „Interaktion Mensch und Maschine“ und zu möglichen psychologischen Widerständen im Zusammenhang mit der Car Sharing-Nutzung/Elektromobilität zu entwickeln.

Teilnehmer der Befragung – Erreichte Personen

- Erhebungszeitraum:
 - Beginn der Erhebung: Oktober 2011
 - Abschluss der Erhebung März 2012
 - Aktuelle CarSharing-Kunden: Ca. 180
 - Erreichte Personen insgesamt: 108
 - Ausgefüllte Fragebögen: 30
 - Durchgeführte Telefoninterviews: 78
- Hohe Ausschöpfungsquote und repräsentatives Abbild der Meinungen der aktuellen CarSharing-Kunden von Stadtmobil

Abbildung 1:Übersicht Befragung

Die Ergebnisse der Befragung und damit des ersten Meilensteins waren überwiegend positiv:

Zusammenfassung: Nutzungsabsicht und Gesamtbewertung

- **Einschränkende Faktoren.** Hauptsorge der Nutzer ist, dass sie mit einem Elektroauto „liegenbleiben“ könnten. Dennoch scheint dies die meisten Nutzer nicht daran zu hindern, ein Elektroauto ausleihen zu wollen.
- **Gewünschte Umsetzung.** Die aktuellen CarSharing-Kunden befürworten größtenteils eine Einführung von Elektrofahrzeugen. Favorisierte Variante ist hierbei eine **Mischform** aus konventionellen Fahrzeugen und Elektroautos.
- **Erstnutzung.** Die aktuellen Kunden haben – trotz teilw. vorhandener Sorgen – die Absicht Elektroautos in der CarSharing-Flotte zu nutzen. Das Angebot wird als Möglichkeit gesehen, Elektroautos auszuprobieren.
- **Über 80%** der Kunden bewerten die Einführung von Elektroautos als positiv! **Über 60%** der Kunden könnten sich vorstellen Elektroautos im CarSharing-Pool bevorzugt zu nutzen.

Abbildung 2:Gesamtbewertung der Studie

60% aller Lörracher CarSharing-Kunden konnten befragt werden, was als repräsentatives Bild gewertet werden kann. Die Ergebnisse der Meinungen waren überaus erfreulich für das Projekt. CarSharing an sich wurde als positives Mobilitätskonzept wahrgenommen. Die Kunden wünschten sich keine Veränderungen im Kerngeschäft und sind häufig umweltbewusst motiviert. Dennoch wurde ein gewisser Innovationsgrad erwartet und es schien so, dass Elektromobilität diesen Erwartungen sehr gut entspricht. Festzustellen war, dass die große Mehrheit von über 80% der befragten CarSharing-Kunden Elektromobilität als positiv bewertet. Besonders zu erwähnen war die große Neugierde und das große Interesse der CarSharing-Kunden an Elektromobilen. Da nur ca. 12% der befragten Nutzer zuvor schon mit einem Elektromobil gefahren waren, ist daraus zu schließen, dass die Verfügbarkeit von Elektromobilen in der CarSharing-Flotte als gute Möglichkeit gesehen wurde, Elektrofahrzeuge zu testen. Andererseits geben die Befragten an, zu wenig über die technischen Begebenheiten von Elektrofahrzeugen und insbesondere der Ladetechnik und Ladeinfrastruktur informiert zu sein. Dieser Informationsbedarf sollte durch das Projektteam im Rahmen einer guten Informationskampagne vor Einführung der Fahrzeuge gedeckt werden. Als Herausforderungen wurden vor allem der Ladevorgang,

verbunden mit einer möglichen Einschränkung der Flexibilität durch lange Ladezeiten, mangelnde Ladeinfrastruktur, geringe Reichweite der Fahrzeuge und der hohe Informationsbedarf gesehen.

Die Ergebnisse der Studie wurden der Öffentlichkeit bekannt gegeben:

<http://www.badische-zeitung.de/loerrach/vorreiter-bei-der-elektromobilitaet--61776502.html>

3.1.2 Technische Analyse des Fraunhofer ISE und Fahrdatenanalyse (Auswertung der Nutzer Daten von CarSharing)

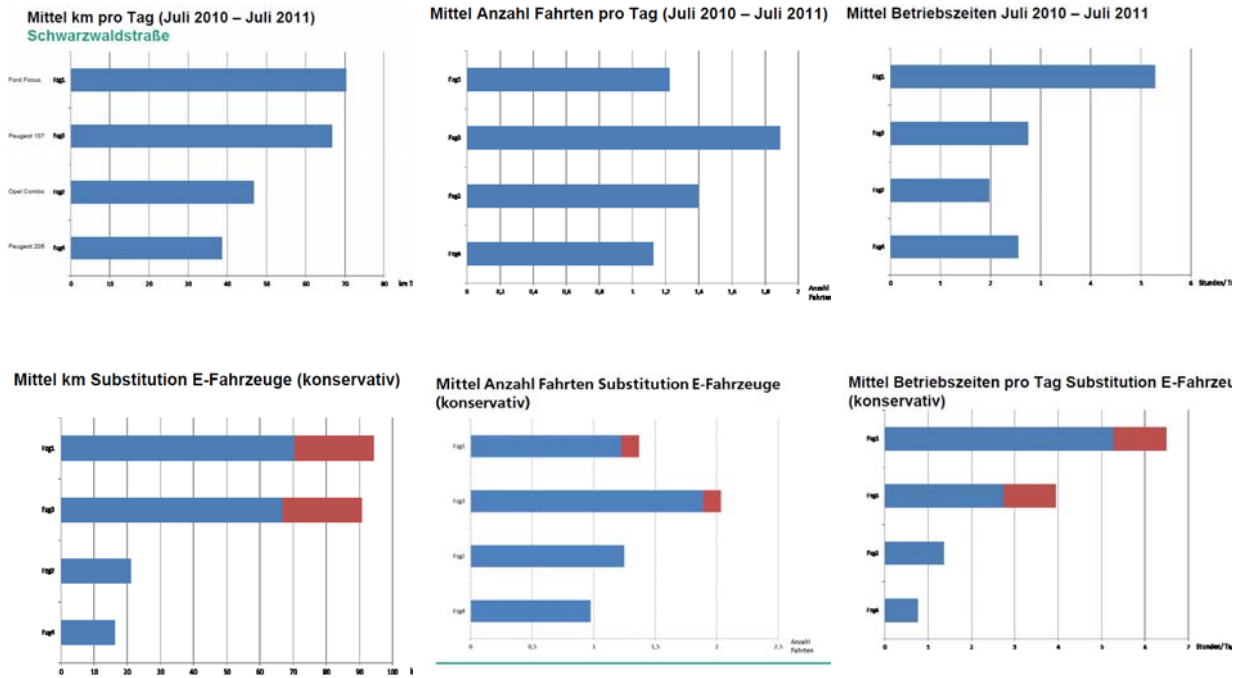
In zwei technischen Workshops wurden zu Beginn des Projektes erste Informationen über den augenblicklichen technischen Stand auf dem e-Mobilitätsmarkt bezüglich Fahrzeugen, Anschlüssen, Lademöglichkeiten durch Fraunhofer ISE und über weitere Quellen zusammengetragen.

Weiterhin wurden die Buchungsdaten von zwei Jahren rückwirkend (Juli 2009-Juli 2011) mit Begleitung durch das Fraunhofer ISE von einer Studentin bei der Stadt Lörrach analysiert, um den Abgleich der technischen Möglichkeiten von Elektromobilen mit den Nutzungsdaten von Stadtmobil Südbaden faktisch zu überprüfen. Dies sollte bei der Beantwortung der Frage helfen, ob die Elektromobile ein vollwertiger Ersatz für konventionelle Fahrzeuge sein könnten.

Die Analyse der gefahrenen Kilometer zeigte, dass die am häufigsten gefahrene Streckenlänge ca. sieben Kilometer beträgt. 70% der Fahrten sind Fahrten von höchstens 32 Kilometern Länge; im Mittel werden 17 km gefahren. Mit diesen realen Fahrdaten wurde belegt, dass die Reichweite der Elektrofahrzeuge von ca. 80 bis 120 km kein Problem darstellt. Selbst wenn man von einer geringer angesetzten Reichweite von 50 km ausgehen würde, könnten immerhin 84% der Fahrten auch mit einem Elektroauto unternommen werden.

In einem weiteren Schritt wurden die Standzeiten zwischen den gebuchten Fahrten analysiert, um daraus Rückschlüsse über die verfügbare Zeit für das Wiederaufladen der Fahrzeuge zwischen den Buchungen zu erhalten. 70% der Fahrten hatten eine Differenz zwischen realen und gebuchten Abfahrtszeiten von 19 Minuten und weniger. Der Mittelwert betrug gerade mal 12 Minuten. Auch zwischen den realen und gebuchten Abfahrts- bzw. Ankunftszeiten gab es nur geringe Abweichungen. Zwar gab es zumeist einen Puffer von 20 Minuten, dies ist jedoch keine zuverlässige Größe. Die übliche langsame Beladung der Elektrofahrzeuge (4-8h) schied daher als Option für das Projekt aus. Im Gegensatz dazu ermöglichte die Schnelladetechnik, welche eine Beladung von 80% des Akkus in 30 Minuten oder 50 Minuten bis zu 100% erlaubt, eine ausreichend schnelle Wiederaufladung. Dies erschien aufgrund der relativ kurzen gefahrenen Strecken / hinsichtlich der erforderlichen Reichweiten, bei denen die Batteriekapazität in den meisten Fällen gar nicht ausgereizt wird und bezüglich eventueller Abweichungen von Buchung und Abfahrtszeiten sinnvoll.

Des Weiteren wurde analysiert, ob die verbleibende Anzahl konventioneller Fahrzeuge die möglichen Mehrbuchungen durch nicht buchbare, weil in Ladung befindliche Elektroautos, auffangen konnte. Da nur 16% der Buchungen, Fahrtstrecken über 50 km aufwiesen und die übrigen Fahrzeuge nicht voll ausgelastet waren, standen genügend Verbrennungsfahrzeuge für Langstreckenfahrten mit CarSharing zur Verfügung. Diese Analyse der Substitution von zwei Fahrzeugen und Aufnahmekapazität der restlichen Flottenfahrzeuge erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer ISE.



Abbildungen 3: Substitutionsanalyse Fahrzeuge Stadtmobil Südbaden Flotte Lörrach 10'2011

Die Werte in Bezug auf die Substituierung der Hälfte der Fahrzeuge (in 2011 3 von 6 Fahrzeugen) wurde mittlerweile überholt, da die Nutzung von CarSharing zugenommen hat und daher mehr Autos in Lörrach zur Verfügung stehen (insgesamt 10 Fahrzeuge). Diese Entwicklungsdynamik der Zunahme des CarSharings ist im Raum Lörrach seit Beginn des Betriebes kontinuierlich spürbar. Da das Verhältnis Nutzer pro Fahrzeug nicht abgenommen hat, kann weiterhin von einem Ersatz von drei Fahrzeugen gesprochen werden.

Jahr	Nutzer	Fahrzeuge	Nutzer pro Fahrzeug
2012	249	6	41,5
2013	323	8	40,4
2014	343	10	34,3
2015	402	10	40,2

Tabelle 1: Zahlen der Fahrberechtigten in Lörrach-Stadt, Stand Juli 2016

3.1.3 Meilenstein Nutzeranalyse und Entscheid über Projektfortführung

Die Ergebnisse der Marktuntersuchung und Befragung waren gemäß Projektbeschreibung als Entscheidungsmeilenstein über die Fortführung des Projektes festgelegt. Das Projektteam kam aufgrund der positiven Ergebnisse der Nutzeranalyse und der Fahrdatenauswertung in seiner Sitzung vom 12. Juni 2012 zum Schluss, dass der Fortführung des Projektes nichts im Wege steht und man gemeinsam dieses Projekt bis zur Praxiseinführung umsetzen will.

3.2 Technische Umsetzung Ladesäulen

3.2.1 Stand der Markttechnik – Marktanalyse

Die Marktanalyse der Ladesäulen war eng mit der Analyse der möglichen/verfügbaren Fahrzeuge verbunden, da dies insbesondere von den vorhandenen Steckertypen und Normungen abhing. Dadurch konnte über zwei Jahre aufgrund fehlender Normungen und Abstimmungsprozessen zwischen den großen europäischen Automobilkonzernen keinerlei Entscheidung getroffen werden, da konkurrierende Normungen aus verschiedenen Ländern unterschiedliche, nicht kompatible Standards setzten. Mit den verbundenen Fahrzeugen ergab sich damit zunächst ein Henne-Ei-Problem. Überdies ergab sich hieraus auch eine höchst unterschiedliche Kostensituation für das Projekt.

Grundsätzlich wären rein physikalisch Gleichstromladesäulen für den Elektromobilitätsmarkt zu bevorzugen, bei denen der aus dem Netz bezogene Wechselstrom direkt an der Ladesäule in Gleichstrom für die Batterien umgewandelt und in das Fahrzeug eingespeist werden würde. Damit müsste in die Elektrofahrzeuge kein Gleichrichter eingebaut werden, der viel Platz verbraucht, als Last mittransportiert werden muss und zudem für zusätzliche Kosten sorgt.

Diesem Konzept folgte der sogenannte Chademo-Standard, welcher zum Zeitpunkt des Suchbeginns Ende 2011 bereits mehrere Jahre in Japan angewendet wurde. Bis Ende 2013 wurden diese Gleichstromladesäulen auch vom Projektteam favorisiert, nicht zuletzt auch deshalb, weil eine Normung für den europäischen Standard noch nicht absehbar war. Die europäische Automobilindustrie wollte zwar in Europa einen eigenen Standard entwickeln, es war aber lange nicht klar, was, wann und wie. Allerdings waren ca. 50.000€ Kosten/ Gleichstromladesäule ein zu hoher finanzieller Aufwand für das Umsetzungsprojekt, der nicht einkalkuliert war und sich im Betriebsfall auch für ein Energieversorgungsunternehmen über den Stromverkauf nie rechnen würde.

Im Januar 2013 wurde, vorangetrieben durch den VDE, für Ladungen bis 63 Ampere Wechselladestrom der Typ 2 Stecker als Europäischer Standard von der EU festgelegt. Für noch höhere Ladeströme, insbesondere dann bei Gleichstrombelastung, steht in den nächsten Jahren unter dem Namen „combo 2“ ein Steckertyp (Mode 4) sowohl mit Wechselstrom- als auch mit Gleichstromladung zur Verfügung.

Konduktive Ladesysteme

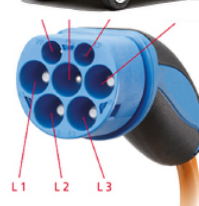
AC Ladestation – Fahrzeugstecker (Mode 3)



Type 1
1 phasig
Verfügbar bis
32A / 7,4 kW



Ladestation mit Typ 2
Steckdose ist geeignet
für beide Fahrzeugtypen



Type 2
1- and 3-phasig
Verfügbar bis
63A / 43 kW

Konduktive Ladesysteme DC Ladestationen – Fahrzeugstecker (Mode 4)



Abbildung 5: Steckertypen DC-Ladung, Quelle: EBG compleo

In Bezug auf die Gleichstromladung, welches sich insbesondere zur raschen Beladung an Autobahnraststätten eignet, sind jedoch noch ein paar Unsicherheiten gegeben. Aufgrund der eingebauten Technik sind sie preislich nicht in Kostengrößen wie Wechselstromladesäulen zu erwarten und müssen daher sehr viel mehr Umsätze (Verkäufe) an Stromverkauf realisieren, um wirtschaftlich betrieben zu werden. Daher wird es zunächst Förderungen der Ladetechnik benötigen, um hier einen strukturellen Netzaufbau analog des Tankstellennetzes zu erzielen. Zudem sind die Querschnitte des verlegten Niederspannungsnetzes in der Regel sehr ausgereizt, so dass ggf. zusätzlich eine Leitungsverlegung nötig wird, die zu steigenden Kosten führt.

Die Suche sowohl nach geeigneten Fahrzeugen als auch deren Beladetechnik brachte das Projekt in Zeitverzug. War bis Dezember 2012 noch geplant, Schnellladestationen nach dem japanischen Chademo-Protokoll mit Gleichstromladungen aufzustellen, musste im Januar 2013 umgedacht werden: Die EU hat am 22. Januar festgelegt, dass der Typ 2 Stecker für Elektromobile mit einer Wechselstrombasierten Schnellladung von 22 kW_e der europäische Standard sein soll. Japanische Automobilhersteller haben bestätigt, ebenfalls diesen Steckertyp zukünftig in ihren Fahrzeugen verbauen zu wollen.

Gemeinsam mit Stadtmobil Südbaden wurde entschieden, dass europäische Fahrzeuge zum Einsatz kommen sollen, die mit Wechselstrom beladen werden können. Im Mai 2013 wurde seitens Stadtmobil Südbaden eine Entscheidung für ein geeignetes Auto getroffen. Allerdings gab es zu dem Zeitpunkt noch keine fertig entwickelte geeignete Ladeinfrastruktur auf Wechselstrombasis, welche Leistungen bot, die bei Ladezeiten von 30 Minuten einen Ladestand von mindestens 80% ermöglichen konnten. Die Entwicklungskosten für die Technik mit höheren Strömen und Leistungen, konnte aber ebenso wie auch die Gleichstrom-Ladesäulen nicht via Projekt finanziert werden.

In der Planungsphase der Velo-Einstellhalle (2013) wurde fieberhaft nach einem Hersteller gesucht, welcher bereit war den Innovationssprung als Eigenentwicklung nicht einzupreisen, was schließlich mit EBG compleo auch gelang.

3.2.2 Technische Daten der Ladesäulen und Nutzungsanforderungen

Nachdem ein Hersteller gefunden war, musste mit diesem die genaue Ausgestaltung der Ladesäulen geklärt werden. Fest stand: 1 Ladepunkt AC mit 63 A Stromausgangsleistung, 43,5 kW Ausgangsleistung, 400 V Spannung und 3-phasiger Beladung mit Typ-2-Stecker gemäß IE 62196. Darüber hinaus waren aber weitere Nutzungs- und Sicherheitsanforderungen zu klären.

- Angeschlagenes Ladekabel, Parkposition des Ladekabels und Feuchtigkeitsschutzklasse

Bei 22 kW-Ladesäulen und den e-Autos mit Typ-2-Stecker war es zunächst allgemein üblich ein loses, im Fahrzeug verbleibendes Ladekabel zu nutzen. Die Erfahrungen seitens Stadtmobil Südbaden mit anderen losen Gegenständen in CarSharing-Autos führten zum Entschluss der Projektteams, dass die Ladesäule ein angeschlagenes Ladekabel analog den Tanksäulen an konventionellen Tankstellen haben sollte. Dies war ebenso mit dem Hersteller zu klären, wie z.B. auch die nötige Länge eines solchen Ladekabels und der Möglichkeit der Arretierung des Ladesteckers im ungenutzten Fall, um ihn vor Nässe und „Überfahren“ zu schützen. Der gefundene Ladesäulenhersteller hatte im Gegensatz zu anderen Anbietern auch mit diesem Thema bereits Erfahrung. Um die Ladesäule für die Outdoor-Aufstellung vor Feuchtigkeit zu schützen, sind sämtliche Komponenten mit IP44 – Schutzgrad ausgestattet.

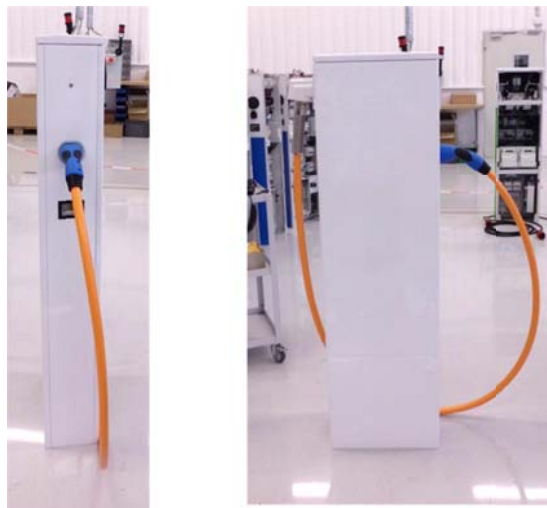


Abbildung 6: Beispiel angeschlagenes Ladekabel mit Federführung - Quelle: EBG compleo

- Hausanschlusszähler in der Ladesäule

Wie bereits aufgezeigt wurden die Ladesäulen mit hohem Ladestrom entsprechend den Anforderungen aus dem e-Mobilitätsprojekt für Lörrach speziell seitens des Ladesäulenherstellers entwickelt. Dies in einem Iterationsprozess mit dem Elektroplaner der Velo-Einstellhalle. Aus Praktikabilitätsgründen wurde auch ein Stromzähler direkt in die Ladesäulen integriert. Ansonsten hätte ein zusätzlicher Zäblerschrank aufgestellt werden müssen. Die technischen Anschlussbedingungen hierfür mussten seitens des Netzbetreibers sogar eigens angepasst werden.

- RFID-Kartenleser und Display

Da die Ladesäulen ausschließlich für die Nutzung durch Stadtmobil Südbaden zur Verfügung stehen sollten, musste eine Sicherung der Lademöglichkeit bzw. die Zugangsberechtigung zur Beladung

geklärt werden. Ziel war es, die bereits bei Stadtmobil Südbaden genutzten RFID-Kunden-Zugangskarten für die Autos auch für die Beladung nutzen zu können.

Das Display der Ladesäule sollte die Nutzer über durch die Beladungsaktivierung „führen“. Dies hat sich insbesondere für die Fehlerbehebung (siehe Kap. 4) als essentiell wichtig erwiesen.

- Graffitienschutz – Folienkaschierung

Da die Ladesäulen wie Liftfasssäulen Werbeträger für das Projekt sind und damit auch in die Öffentlichkeitsarbeit spielen galt es, ein ansprechendes Layout entsprechend den Abmessungen der Ladesäule zu designen. Dies wurde intern durch Stadt Lörrach entwickelt und mit dem Fördergeber und Stadtmobil abgesprochen.

Zudem wurde eine Folienkaschierung gewählt, die Schutz vor Graffiti bot und um mögliches Ablösen zu verhindern, wurde sie rund um das Gehäuse (4-seitig) gezogen.

3.2.3 Standortwahl

Von Beginn an stand fest, dass die neuen e-Autos vorhandene, konventionell mit Benzin-, oder Dieselmotor angetriebene CarSharing Fahrzeuge ersetzen sollten. Als Standorte kamen somit nur die in Lörrach bereits vorhandenen CarSharing-Standorte in Betracht. Die geographisch in unmittelbarer Nachbarschaft gelegenen Standorte am Hauptbahnhof und am ZOB mit je zwei Fahrzeugen sollten zwei elektrische Fahrzeuge erhalten. Als zweiter Standort wurde die Station am ehemaligen Niederfeldplatz (neben einer größeren Wohnüberbauung/ der städtischen Wohnbaugesellschaft und nahe einer S-Bahn-Haltestelle gelegen) entwickelt, die damals mit einem konventionellen Fahrzeug ausgestattet war und um ein e-Fahrzeug ergänzt werden sollte.



Abbildung 7: Standort Niederfeldplatz

Die Standorte hatten schon damals eine große Anzahl von Buchungen. Wichtig für das Projekt war außerdem die Tatsache, dass es im Umfeld dieser Standorte viele geschäftliche Nutzer gab (u.a. Stadt Lörrach/Rathaus und die städtische Wohnungsbaugesellschaft). Diese dienstlichen Nutzungen finden in der Regel unter der Woche und tagsüber statt, während die privaten Nutzungen überwiegend abends und am Wochenende erfolgen. Damit konnte eine gleichmäßig hohe Auslastung und ein ökonomischer Betrieb der e-Fahrzeuge erwartet werden. Durch die Stadt Lörrach als Kunde sollte quasi eine Nutzungsgarantie der Elektromobile ausgesprochen werden und die Erwartung an einen wirtschaftlichen Betrieb der e-Fahrzeuge gewährleistet werden. Aufgrund der kurzen Fahrtstrecken bei den Dienstfahrten (oft unter 50 km pro Tag) erschien ein Ersatz konventioneller Fahrzeuge durch e-Fahrzeuge mit einer damals noch auf ca. 100 km beschränkten Reichweite als problemlos machbar.

Während der Analyse-Phase wurde das Projekt hinsichtlich des Standorts der Elektromobile am Hauptbahnhof umgestaltet. Die Stadtverwaltung wollte direkt zwischen Hauptbahnhof und ZOB eine Velo-Einstellhalle erstellen.

Hierbei wurde über den Platzbedarf der reinen Veloeinstellhalle hinaus Gelände erworben, so dass direkt daneben ein abgegrenzter Parkplatz für die Elektroautos und weitere CarSharing Fahrzeuge geschaffen werden konnte. Durch Anordnung der Ladesäulen zwischen zwei Parkplätzen wurden insgesamt die Möglichkeit geschaffen, dass die e-Autos auf vier Stellplätzen zurück gegeben werden können. Als problematisch erwies sich die Bereitstellung der erforderlichen Leitungsstärke (Stromquerschnitt) am Standort. Wegen des fehlenden Netzanschlusses war hier eine aufwendige Leitungsverlegung erforderlich. Darüber hinaus konnten zwei zusätzliche Stellplätze zur späteren Erweiterung des CarSharing-Angebots zur Verfügung gestellt werden. Damit konnten hier die Elektromobile gemeinsam mit den konventionellen Fahrzeugen an einem Platz versammelt werden, um die optimale Ergänzung der Reichweiten für Langstreckenfahrten zu erreichen.

Der Bau der Halle und die Schaffung der CarSharing Parkplätze war eine günstige Gelegenheit, um den Lörracher Hauptbahnhof zu einer Mobilitätsdrehscheibe auszubauen. Ergänzt um das bereits ein Jahr zuvor fertiggestellte „Velö“ als Station für Fahrradservice, -verkauf und -verleih ist damit ein Musterbeispiel für moderne, multimodale Mobilität entstanden. Mit diesem Angebot werden die umweltverträglicheren Mobilitätsarten unterstützt. Die Kombination Hauptbahnhof, CarSharing, Busbahnhof, Velo-Einstellhalle und „Velö“ ermöglicht in der Kombination einen optimalen Verkehrsübergang von einem Verkehrsträger zum Nächsten.

Am Niederfeldplatz wurden im Zusammenhang mit einem Wohnungsbauprojekt ebenfalls zwei Stellplätze außerhalb des Straßenraums neu gebaut. Auch hier sind beide Stellplätze durch die mittige Anordnung der Ladesäule von e-Fahrzeugen nutzbar.

Im Rahmen der Standortwahl gab es umfangreiche Klärungen u.a. auch noch nicht fixierte rechtliche Aspekte seitens der Stadt Lörrach zu tätigen. z.B. die Möglichkeit CarSharing-Stellplätze im öffentlichen Straßenraum anzulegen und als solche auch zu beschildern.

Auch der Bau der Velo-Einstellhalle, die elektrotechnische Leitungsplanung für die Ladesäulen, die auf dem Dach der Halle zu stehen kommende Photovoltaikanlage, die Parkplatzmarkierung, um Fremdparken zu vermeiden, die Ausgestaltung des Parkplatzes, etc. waren mit der Bauleitung (Gebäudemanagement der Stadt Lörrach) zu klären.

Die Arbeiten an der Velo-Einstellhalle und der neuen CarSharing-Station mit den Ladesäulen wurden zwischen 2013 und Mai 2014 durchgeführt. Parallel dazu wurde der Standort am Niederfeldplatz eingerichtet, welcher 2015 offiziell in Betrieb ging.

3.2.4 Aufstellungsort – Elektrotechnische und weitere zu beachtende Aspekte

- Netzanschlussbedingungen – Leistungsaufnahme für Ladesäulen

Beim Aufbau einer Ladesäuleninfrastruktur ist bei der Standortwahl insbesondere zu prüfen, ob die vor Ort liegenden Leitungen, i.d.R. des Niederspannungsnetzes, einen ausreichenden Querschnitt für die hohen Ladeströme und Leistungen der Schnellladeinfrastruktur gewährleisten können. Ggf. könnte außer eine neuen Leitung sogar noch eine neue Trafostation nötig werden.

Sowohl am Niederfeldplatz und an der Velo-Einstellhalle kamen hierzu Kosten für die Leitungsverlegung auf, die nicht im Projekt eingeplant waren. Zum Glück konnte die Niederspannungstrafostation des Rathauses Lörrach, welche bei der Velo-Einstellhalle der Anschlusspunkt war, noch eine weitere Leitungsführung mit den hohen Leistungsanschlusswerten aufnehmen.

- Zuordnung bzw. Sicherung der freien Stellplätze im CarSharing für die Beladung der Fahrzeuge

An der Velo-Einstellhalle wurden vier Stellplätze für e-Autos reserviert. Um sicherzustellen, dass Kunden mit konventionell angetriebenen Fahrzeugen nicht alle Plätze zur Beladung von e-Autos blockieren, wurden die Plätze mit einer Bodenmarkierung in Form eines Ladesteckers versehen. Dies hat sich gut bewährt.

Da zum Zeitpunkt der Aufstellung im Mai 2014 erst kurz zuvor ein StVO-Verkehrszeichen für Ladeplätze für e-Fahrzeuge eingeführt wurde, welches aber auf den zuvor bestellten Ladesäulen nicht mehr zur Verwendung kommen konnte, wurde dieselbe Markierung auf den Ladesäulen auch am Boden angebracht. Da auch zwei öffentliche e-Ladeplätze mit einer Ladesäule für private Nutzungen am gleichen Standort eröffnet wurden, wurde zur zusätzlichen Verdeutlichung der von Stadtmobil Südbaden genutzten Plätze zusätzlich das Firmenlogo als Bodenmarkierung aufgebracht.



Abbildung 8: Bodenmarkierung der e-Parkplätze an der Veloeinstellhalle

3.2.5 Ablauf Beladung



Der Ablauf der Beladungsaktivierung kann im Display der Ladesäule durch den Nutzer vollends nachvollzogen werden.

Zunächst kann an einer „betriebsbereit“-Meldung von Funktionieren der Ladesäule ausgegangen werden.

Abbildung 9: Display - Ladesäule signalisiert Betriebsbereitschaft

Als erstes wird vom CarSharing- Nutzer der RFID-Chip vor das Lesegerät gehalten. Ein entsprechendes Symbol außen auf der Folienkaschierung zeigt, wo sich das Lesegerät befindet. Nach Erkennung des RFID-Chips läuft eine „whitelist – Prüfung“, wobei eine einmal an der Ladesäule freigegebene RFID-Karte direkt vor Ort als „ok.“ eingestuft gespeichert wird und nicht jedes Mal eine Datenübertragung mit dem Back-end-System beim Hersteller erfolgt, sondern nur, wenn der RFID-Chip bisher noch nicht vor Ort genutzt wurde.



Abbildungen 10: Visualisierung Display - Prüfung RFID- Zugangsberechtigung zum Laden



Der Steckertyp Typ 2 für die dreiphasige AC-Beladung hat außer dem Neutralleiter und einem Schutzkontakt (PE) noch zwei weitere Punkte, über die die Kommunikation mit der Ladesäule stattfindet.

Abbildung 11: Steckertyp 2 für AC Ladung nach IEC 62196



Gemäß den europäisch genormten Beladeprotokoll IEC 61851-1 Mode 3, prüft die Ladesäule nach erfolgter RFID-Freischaltung (white-list) über den PP (Proximity Pilot) zunächst die Anwesenheit des Steckers.



Via dem CP (Control Pilot) wartet die Ladesäule auf den Kontakt bzw. Daten vom Fahrzeug und aktiviert dann die Beladung. Die Steuersignale werden vom Control Pilot zwischen Elektrofahrzeug und Stromtankstelle ausgetauscht.

Abbildungen 12: Display – Hinweise der Kommunikationsprüfungen Ladesäule - Fahrzeug



Kann entweder der PP oder CP Stift nicht vom Stecker erkannt werden, führt dies zu einer Nicht-Aktivierung der Beladung. Die aktivierte Beladung ist ersichtlich.

3.3 Technische Umsetzung Fahrzeuge

3.3.1 Stand der Markttechnik – Marktanalyse

Wesentlich für die Entscheidung, welches Fahrzeug für den CarSharing-Einsatz taugt, waren die Themen Handhabung, Praktikabilität, Erfahrung des Herstellers mit dem Thema e-Mobilität und die Beschränkung auf einen namhaften Hersteller. Letzteres zum einen, um auf eine gewachsene Struktur von Händlern/Werkstätten zurückgreifen zu können, zum anderen um bei den Stadtmobil Kunden mit einer bekannten Auto-Marke ein Grundvertrauen herzustellen.

Durch die Entscheidung zugunsten des Typ2-Steckers war (und ist bis heute) die Auswahl von Modellen recht überschaubar. Mit dem Verwerfen einer Ladung nach Chademo-Protokoll, schieden damit alle Modelle asiatischer Hersteller und die Modelle in Badge-Engineering aus, die zu diesem Zeitpunkt einen Großteil der in Deutschland zugelassenen e-Autos ausmachten. Der Typ2-Stecker kommt bis dato bei BMW, bei Mercedes und Tochtermarke Smart, bei Renault und bei VW zum Einsatz.

Aber auch hier sind Unterschiede und Einschränkungen festzustellen. So laden die Mercedes B-Klasse und der Smart mit maximal 11kW/16A, was die Ladezeit von leer nach voll wiederum auf mehr als zwei Stunden verlängert hätte. BMW und VW setzen bereits auf das Combined Charging System (Typ 4), der den Typ2-Stecker um eine Gleichstromladung mit bis zu 125 Ampere ergänzt. Die Ladung über den Typ2-Stecker ist damit zwar möglich, aber auf maximal 3,7 kW einphasig beschränkt, was wiederum für lange Ladezeiten von deutlich mehr als 5 Stunden bei einer Vollladung sorgt.

3.3.2 Auswahl des Fahrzeuges

Eine schnelle Ladung mit Typ2-Stecker mit den bei vielen Ladesäulen standardmäßigen 22 kW/32A bzw. sogar bis zu 43 kW/64A bot zum Zeitpunkt der Fahrzeugwahl und bietet bis heute nur Renault mit dem Kleinwagenmodell Zoe. Insofern fiel die Fahrzeugwahl letzten Endes relativ leicht. Zudem waren die o.g. Kriterien beim Renault Zoe voll erfüllt. In der Handhabung stellt sich der Zoe kaum anders dar, als ein konventioneller Kleinwagen auf modernem Niveau mit Automatikgetriebe. Die serienmäßige Ausstattung liegt mit Komfortelementen, über dem Klassendurchschnitt. Das Navigationssystem bedient sich der Fahrzeugparameter und ermöglicht damit, das Fahrtziel mit der tatsächlichen Reichweite abzustimmen. So kann eine eventuelle erforderliche Zwischenladung eingeplant werden. Des Weiteren können die Navigationsdaten auf das verfügbare Ladeinfrastruktur-Netz angepasst werden.

Der viertürige Zoe liegt mit fünf Sitzen und der Kofferraumgröße im Klassendurchschnitt der konventionellen Kleinwagen. Renault hat den Fahrzeugakku im Fahrzeugboden untergebracht und damit erreicht, dass kein Platz vom Fahrzeuginnenraum zugunsten des Antriebs verloren geht. Ein weiterer Vorteil bei diesem Fahrzeug ist, dass die Aufnahme des Ladesteckers an der Fahrzeugfront untergebracht wurde. Da die meisten Ladesäulen an der Stirnseite von Kopfparkplätzen stehen, kann das Kabel auf dem kürzesten Weg geführt werden.

In den ersten Tests hatte das Fahrzeug vollkommen überzeugt. Die meisten Testkunden kamen nach kurzer Eingewöhnungszeit gut mit dem Fahrzeug zurecht und lobten das einfache Handling.

Mit einer verfügbaren Akkukapazität von 22 kWh kann man mit einer Akkuladung real in der wärmeren Jahreszeit je nach Fahrstil bis zu 150 km problemlos ohne Zwischenladung fahren, im Winter bis zu 100 km. Die maximale Motorleistung beträgt 65 kW.

Bauartbedingt ist die geringe Geräusentwicklung von e-Autos. Aus der Sorge heraus, dass hierdurch vermehrt Unfälle durch das Überhören eines e-Autos geschehen könnten, hat das Projektteam in der Phase der Fahrzeugauswahl mit dem Behindertenbeirat der Stadt Lörrach einen Life-Test durchgeführt (vgl. Kap. 3.5.1). Renault begegnete diesem Problem durch den (2013 noch nicht standardmäßigen) Einbau eines Lautsprechers, der bis zu einer Geschwindigkeit von 30 km/h ein künstliches, unaufdringliches Geräusch erzeugt. Ab 30 km/h aufwärts sorgen die Abrollgeräusche der Reifen für ausreichend Aufmerksamkeit. Der Spagat zwischen dem einerseits gewünschten Effekt der nahezu lautlosen Automobilität und andererseits der Bannung der Gefahr überhört zu werden, ist bei diesem Autotyp gelungen.

3.4 Umsetzung des elektrischen Betriebs im CarSharing

3.4.1 Normaler Buchungsablauf bei konventionell-angetriebenen Fahrzeugen

Der Kunde bucht das gewünschte Fahrzeug an einem festen Standort nach persönlichem Bedarf bzw. Verfügbarkeit mit verbindlicher Start- und Endzeit. Die Buchung ist über ein für Computer/Notebook verfügbares Webportal, sowie bei mobilen Endgeräten via App möglich. Zudem gibt es eine 24/7-Buchungszentrale. Der Nutzer hat eine RFID-Karte mit der er das gebuchte Auto zur gebuchten Zeit über einen RFID-Kartenleser an der Windschutzscheibe öffnen kann und entnimmt den Autoschlüssel aus einer Buchse im Handschuhfach. Bei Fahrzeugrückgabe wird der Autoschlüssel in die Buchse zurückgesteckt und der Kunde verschließt das Fahrzeug wieder mittels der RFID-Karte. Dadurch wird die Buchung beendet und das Fahrzeug im Buchungssystem wieder freigegeben. Dies beendet die Buchung und setzt das Signal zum Auslesen der genutzten Zeit und gefahrenen Kilometer und das Fahrzeug wird im Buchungssystem wieder freigegeben. Verriegelt wird das geparkte Fahrzeug mittels RFID-Karte.

Die Fahrzeuge sind von den Nutzern mittels einer im Fahrzeug vorhandenen Tankanzeige zu betanken, wenn die Tankanzeige Viertel-voll oder weniger anzeigt. Verspätete Rückgaben sind mit Sonderentgelten belegt, um sicher zu stellen, dass Verspätungen die Ausnahme bleiben und der nächste Nutzer das Auto zur gebuchten Zeit pünktlich am Stellplatz vorfindet.

3.4.2 Veränderter Ablauf des Buchens/Nutzens durch e-Fahrzeuge

Grundsätzlich ist der Ablauf der Buchung bei einem e-Fahrzeug nicht anders. Um jedoch sicher zu stellen, dass das e-Fahrzeug für den nächsten Kunden direkt wieder vollgeladen und damit mit der größtmöglichen Reichweite zur Verfügung steht, musste eine Lösung gefunden werden, die ein Anschließen des Fahrzeugs an der Ladesäule bei Fahrzeugrückgabe obligatorisch macht.

Hierfür wurde das Betriebssystem durch Stadtmobil Südbaden in Zusammenarbeit mit dem Hersteller des Zugangssystems so angepasst, dass das Ladekabel am Auto angeschlossen sein muss, um die Buchung korrekt beenden zu können.

Um zwischen der einen und der nächsten Buchung ausreichen Ladezeit zu haben, wurde programmiert, dass die nächste Buchung erst nach einer Stunde erfolgen kann. Dieser Ladepuffer wird der Buchung stets vorgelagert. Konnte mit einer gedrosselten Beladung von 22 kW / 32 A das Auto nicht komplett „von leer nach voll“ geladen werden, ist seit Erhöhung der Ladeleistung auf 43 kW/64 A Abschlussbericht Lörrach macht Elektrizität mobil 2011-7

definitiv ein voller Akku verfügbar. Sollte der Betrieb mit den hohen Leistungen/Ladeströmen weiterhin gut funktionieren, kann eine Reduktion der Ladepause im Buchungssystem erfolgen und damit die Möglichkeit zur mehrfachen Nutzung am gleichen Tag für einen wirtschaftlicheren Betrieb noch erhöht werden.

3.4.3 Integration RFID-Chips

Beim Aufbau der Ladesäulen war es der Wunsch seitens Stadtmobil Südbaden, möglichst keine weitere „Betankungskarte“ für die CarSharing Nutzer einzuführen, sondern die Kundenkarten hierfür per White-List aktivieren zu können. Aufgrund der großen und stetig steigenden Anzahl von Kundenkarten musste jedoch von dieser Lösung Abstand genommen werden. Dennoch sollte eine möglichst schlanke Lösung weiter verfolgt werden.

Bei Aufbau der ersten beiden Ladesäulen bzw. zu deren Eröffnung musste zunächst vorübergehend eine separate RFID-Ladekarte genutzt werden. Im Zusammenhang mit dem Betrieb der Fahrzeuge und dem Aufbau eines weiteren, reinen e-CarSharings rund um Lörrach, wollte man die Möglichkeit des „Nachladens“ in der Region ermöglichen und hat daher einen gemeinsamen RFID-Chip integriert, welcher nun am Fahrzeugschlüssel befestigt ist. Somit muss der Nutzer weiterhin lediglich mit Zugangskarte und Autoschlüssel hantieren, was sich als praxistauglich herausgestellt hat.

3.5 Praxistests

3.5.1 Geräuschsimulation für Blinde und sehbehinderte Menschen

Als das Projekt in die Umsetzung ging, wandte sich der Behindertenbeirat der Stadt Lörrach 2012 an das Team, um den Hinweis zu geben, dass Elektroautos von sehbehinderten Menschen ggf. nicht gehört werden könnten.

Um diesem Thema zu begegnen, wurde der Vorsitzende des Behindertenbeirats (selbst sehbehindert) eingeladen, um im Rahmen einer öffentlichen Veranstaltung einen Hörbarkeits-Test durchzuführen.

Die Vorbeifahrttests mit ihm ergaben, dass die e-Autos durchaus gut wahrnehmbar waren. Lediglich im fließenden Verkehr oder unter erschwerten Bedingungen (z.B. Ablenkung durch Gespräche oder hohe Geräuschkulisse, wie z.B. unter konventionellen Fahrzeugen, war das e-Auto nicht mehr explizit und bei geringerer Geschwindigkeit schwerer wahrnehmbar.

„Mitnehmen konnte ich, dass schon bald die Rollgeräusche der Reifen zu vernehmen sind und das Fahrzeug so recht gut zu hören ist. Im fließenden Straßenverkehr konnte ich gar keinen Unterschied bemerken. Mitnehmen konnte ich aber auch, dass man das Fahrzeug beim Langsamfahren praktisch nicht hört. Herr Nowack hat im Anschluss des Tests noch eine Runde gedreht. Als sie zurück kamen haben sie auf dem belebten Marktplatz direkt neben mir geparkt. Ich habe mich mit gerade unterhalten. Erst als man mich darauf aufmerksam machte, konzentrierte ich mich wieder auf die Geräusche. Lediglich die Lenkung war zu hören. Wäre ich alleine in der Stadt unterwegs gewesen, wüsste ich nicht, dass da neben mir gerade einer einparkt. ...Wenn die Fahrzeuge allen zur Verfügung stehen, fände ich es mindestens sinnvoll, an den Armaturenbrettern einen Zettel mit einem Hinweis anzubringen. Ein Schild bei der Parkplatzausfahrt als Vorschlag hört sich zwar auch gut an, wäre aber nach dem Ausfahren aus dem Blickfeld und bei vielen wahrscheinlich auch aus dem Kopf verschwunden...Dies ist wichtig, denn... Sehbehinderte, die nicht auf einen Blindenstock angewiesen sind sollten sich zwar kennzeichnen, sie tun das aber nicht immer. Somit sind sie nicht als solche erkennbar.“ (D. Furtwängler, Vorsitzender Behindertenbeirat Lörrach)

Aus diesem Grund entschied sich das Projektteam für die niedrigen Geschwindigkeiten, bei denen die Rollgeräusch nicht klar überwiegen, in den Fahrzeugen das erwähnte „Soundmodul“ einbauen zu lassen, sofern nicht als Standard ausgeliefert (vgl. Kap. 3.2). Im April 2014 hat das Europäische Parlament eine Richtlinie offiziell anerkannt, nach der für alle neuen e-Autos und Hybrid-Fahrzeuge ein sogenanntes „Acoustic Vehicle Alerting System“ für die Fahrt bei niedrigen Geschwindigkeiten bis 20km/h verpflichtend einzubauen ist. Die Regelung tritt nach einer 5jährigen Übergangsfrist verpflichtend in Kraft.



Abbildung 14: Besuch/Tests Behindertenbeirat Stadt Lörrach am Stand von Stadtmobil - Energie- und Verkehrsaktionstag

3.5.2 Probefahrten

Zum Projektstart ergab sich für die Stadt Lörrach die Möglichkeit, für ein paar Wochen, interessierten Mitarbeitern des Rathauses für Dienstfahrten leihweise einen e-smart zur Verfügung zu stellen. Die Nutzer wurden befragt, um erste Erkenntnisse in der Praxis über das Nutzerverhalten und über die tatsächliche Bereitschaft zur Nutzung elektrisch angetriebener Fahrzeuge zu erhalten. Neben der Begeisterung für das sportliche Fahren, war ein typischer Nutzerfehler zunächst das Vergessen der Betätigung des Einschaltknopfes am Ladegerät, ohne den die Ladung nicht aktiviert werden konnte. Ansonsten verlief der mehrwöchige Einsatz ohne Probleme. Mit diesem Vorabversuch konnte eine erste Stimmungsabfrage gestartet werden. Dabei zeigte sich gleich, dass eine Einweisung in ein e-Auto und ein Testbetrieb vor dem vollständigen Ersatz der Fahrzeuge sinnvoll ist.

3.5.3 Beta-Test der CarSharing Nutzer

Stadtmobil Südbaden wählte unter den seinen Kunden 10 Beta-TesterInnen aus, die vor Beginn des regulären CarSharing-Betriebs die e-Autos für einen exklusiven Test nutzen konnten. Die Probephase wurde auf drei Monate ausgedehnt. Aus diesem Beta-Test und den teils sehr gut dokumentierten Erfahrungen und Anregungen der Kunden, zog Stadtmobil Südbaden sehr wertvolle Erkenntnisse für den weiteren Einsatz. Als problematisch erwies sich vor allem das Laden der Fahrzeuge aufgrund von Kommunikationsstörungen zwischen Fahrzeug und Ladesäule. Aber auch bei regulärem Betrieb der Stromtankstellen kam es immer wieder zu nicht geladenen Fahrzeugen, weil die Kunden den Ladevorgang nicht richtig in Gang setzten. Einige Kunden taten sich auch mit der für e-Autos üblichen Automatik und dem An- und Abstellen des Fahrzeugs mittels Start-Stopp-Knopf schwer. Insgesamt wurde klar, dass eine noch stärkere persönliche Heranführung der potenziellen Nutzer an die Elektromobilität erforderlich ist, während schriftliche Anleitungen möglichst kurz und gut illustriert sein sollten. Ergänzend dazu sind Videos empfehlenswert.

3.5.4 Ladezeit- und Stromstärkenmessungen

Seitens des Herstellervertriebs wurden 2013 von Renault nachfolgende Ladezeiten angegeben:

SOC	Minutes	
	Tps de charge à 22kW	Tps de charge à 43kW
0%	72	36
10%	66	33
20%	60	30
30%	54	27
40%	48	24
50%	42	21
60%	36	18
70%	30	15
80%	24	12
90%	12	6
100%	0	0

Tabelle 2: Ladezeitangaben Renault

Auch auf Rückfrage hin, erhielt das Projektteam keine weiteren Auskünfte seitens des Automobilherstellers zur tatsächlichen Ladekurve des Fahrzeuges. Daher wurden die Messungen durch den Wagenwart selbst verifiziert und an einer Ladesäule eines anderen Herstellers für dasselbe Auto mit 22 kW/32 A nochmals gegengeprüft.

Stadtmobil-Südbaden AG Fahrzeug Renault Zoe FR-CS-580		Tagesprotokoll	Reale Ladezeitmessungen Elektromobilitätsprojekt in Lörrach		Datum
Protokollführer Walter Michael Fahrzeugwart Lörrach					Montag 13.06.2016 Lörrach-Veloanstalt Ladesäule Nr. 558/557
Uhrzeit/Zeltraum	Ausgangsladezustand in Prozent (%)	Wiederaufladedauer	Verlauf/besondere Vorkommnisse	Verantwortlich	Unterschrift
22 kW 12.50-14.00	0-3%	70 Minuten	99% Ladesäule 558		
43 kW 20.30-21.20	0-4%	50 Minuten	99% Ladesäule 557		

Tabelle 3: Beispiel Ladezeitmessung 1

Die Zeitmessungen zeigen, dass bis zur Beladung von ca. 98/99% der Batteriekapazität die Angaben des Automobilherstellers stimmen, dass linear geladen wird.

Zum Abschluss bzw. offiziellen Übergabe der Ladestationen in die Garantie des Herstellers wurden nochmals Messungen der Stromstärken an allen 3 Phasen der Ladesäulenzugänge aller 3 Säulen mittels einer Stromzange durchgeführt.

Alle diese Messungen bestätigen, dass kontinuierlich die vom Fahrzeug zugelassene maximale Stromstärke mit 64 A/43 kW gezogen wird, sofern dies von der Ladesäule zugelassen wird. Erst zum Ende der Ladung ab ca. 96-98% (abhängig von der Genauigkeit der Anzeige im Fahrzeug) drosselt das Fahrzeug die Ladeleistung, um maximal die Batteriekapazität auszunutzen. Darüber hinaus finden kurzzeitige Drosselungen statt durch nötige Kühlungen in der Ladesäule (Beschränkung Messung am

29.07. Ladesäule Nr. 559 am Niederfeldplatz auf 16 A) oder auch im Fahrzeug (kurzzeitige Beschränkung Ladesäule Nr. 557 Ladungstest Nr. 4 und 5).

Die Ladezeitmessungen können der Anlage entnommen werden.

3.6 Betrieb der Komponenten im Zusammenspiel

3.6.1 Kommunikationsablauf bei Störungen im Normalfall bei Stadtmobil

Kommt es zu Problemen mit einem gebuchten Fahrzeug, ruft der Kunde von Stadtmobil Südbaden die bundesweit agierende CarSharing-Buchungszentrale an. Diese ist 24/7 h erreichbar. Kann die Buchungszentrale nicht direkt weiterhelfen, leitet sie die Anfrage/den Fall unmittelbar an den Bereitschaftsdienst von Stadtmobil Südbaden weiter.

3.6.2 Kommunikationsablauf bei Störungen bei der Rückgabe von e-Fahrzeugen in die Beladung

Gibt es Probleme mit einer Ladesäule bei der Rückgabe des Fahrzeugs kann es durchaus sein, dass der Kunde die Buchungszentrale zwar anruft, aber diese das Problem nicht lösen kann. Der Kunde kann dann trotz der Nicht-Aktivierung der Beladung die Nutzung beenden. Bestehende Probleme im Ablauf der Beladung werden oftmals nicht genau hinterfragt und daher ist im Nachgang das Eruiere von Problemen mit dem Hersteller der Ladesäulen schwierig. Dies hat dazu beigetragen, dass die Beseitigung der „Kinderkrankheiten“ rund 1,5-2 Jahre dauerte, in denen die Fahrzeuge noch nicht zuverlässig im Regelbetrieb waren. Insbesondere benötigte es ein besonderes „Kümmern“, Elan und vehementes Nachhaken in alle Richtungen zwischen der Projektleitung als „Schaltzentrale“, Stadtmobil Südbaden und dem Ladesäulenhersteller.

Möglichen Projektnachahmern wird empfohlen, gezielt eine großzügige Übergangsphase vorab einzuplanen.

3.6.3 Aufgetretene Störungen

Technische Kinderkrankheiten waren sowohl bei den Ladesäulen als auch bei den e-Autos vorhanden und konnten erst nach 1,5-2 Jahren abschließend gelöst werden.

Aufgetretene Probleme waren unter anderem:

- Fehlerströme im Schwachlastbereich, die fahrzeugseitig nicht gemäß europäisch genormtem Lade-Protokoll erfüllt wurden, und vom Ladesäulenhersteller in der Software korrigiert werden mussten.
- Zweimal musste ein Ladestecker komplett ausgetauscht werden. Nach dem erneuten Einbau aus derselben Charge des Herstellers kam es erneut zu Problemen und ein zweiter Austausch war nötig.
- Die vom Hersteller verwendeten Relais für 63A bereiteten Probleme.
- An einer Ladesäule musste die Steuerung komplett getauscht werden, da sie defekt war.
- Ein Ladekabel hatte einen Wackelkontakt, wodurch das Auto nicht via dem control pilot mit der Ladesäule kommunizieren konnte.

- die SIM- Karte für die Datenübertragung per Modem an das Back-end der Hersteller war schmutzig und musste neu eingebaut werden
- Der Kartenleser an einer Ladesäule war defekt und musste ausgetauscht werden.
- Die verwendeten Sicherungen mussten für den Switch auf 64A getauscht werden

Auch war die Software der Ladesäulen nicht frei von „Kinderkrankheiten“. Der Hersteller musste verschiedenste Updates der Software vornehmen. So wurden teilweise Ladungen an Ladesäulen nicht „beendet“, was dazu führte, dass keine neue Beladung aktiviert werden konnte.

Die eigens für das Projekt entwickelten Ladesäulen für Wechselstrom mit hohen Ladeströmen wurden seitens des Ladesäulenherstellers in einer enorm kurzen Zeit von drei Monaten konstruktiv entwickelt und gebaut. Die kurze Zeitspanne resultierte aus dem feststehenden Termin der Eröffnung der Velo-Einstellhalle, bei dem zeitgleich der angrenzende Parkplatz für die CarSharing-Fahrzeuge der Öffentlichkeit übergeben werden sollte. Deshalb war mit möglichen „Kinderkrankheiten“ durchaus zu rechnen. Der Hersteller zeigte sich durch viel Einsatz kulant und hat zum Abschluss nochmals eine Garantie über ein weiteres Jahr auf die Elektronikkomponenten abgegeben.

Jedoch hatte das Projektteam den Ablauf, insbesondere die Rückkopplung seitens der Kunden über bestehende Fehler, erheblich unterschätzt. Zeitweilig war die Projektleitung als „Ladesäulenwart“ und damit ein Stück weit auch als „Wagenwart“ ständig mit der Fehlerbehebung und dem Nachgehen von Fehlern beschäftigt.

Auch für die e-Autos wurden immer wieder Updates durch den Hersteller eingespielt. Das Team stellte fest, dass auch beim Automobilhersteller Lernkurven zu verzeichnen waren. Allerdings konnte hier trotz Bemühen kein direkter Kontakt ins Werk hergestellt werden, was durchaus sinnvoll gewesen wäre.

3.6.4 Lösungsansätze zur schnellen Fehlerbehebung im Betrieb

Um den Ablauf besser zu koordinieren und Fehler schneller beheben zu können, wurde ein Ablaufschema und Prüfschema vom Wagenwart von Stadtmobil Südbaden über eine elektrotechnische Fachkraft zum Ladesäulenhersteller zur raschen Fehlerbehebung im Betriebsfall erstellt.

Zudem hat die Projektleitung vermittelt, dass nötige Serviceeinsätze seitens des Herstellers durch den vor Ort ansässigen Elektroplaner (begleitete seitens der Stadt Lörrach auch die gesamte Elektroplanung für die Velo-Einstellhalle und die Ladesäulen) in deren Auftrag tätig wird und damit rasch Abhilfe geschaffen werden kann. Da die Ladesäulen und Autos im Verhältnis 1:1 stehen, hängt die Einsetzbarkeit der Fahrzeuge im Wesentlichen von der ständigen Verfügbarkeit der Ladesäulen ab. Daher wurde das Back-end mit Fehlermitteilungen so umgestellt, dass Fehlermeldungen der Ladesäule direkt per E-Mail an Stadtmobil Südbaden übermittelt werden.

3.7 Betrachtung der Wirtschaftlichkeit

3.7.1 Investitionskosten

Wie eigentlich immer bei neuen Automodellen üblich, wird am Anfang des Modellzyklus ein höherer Preis verlangt, bzw. weniger Nachlass eingeräumt, als im späteren Verlauf des Zyklus. Beim Renault Zoe war dies besonders deutlich. So wurden die ersten beiden Fahrzeuge quasi zum Listenpreis erworben und waren damit nahezu doppelt so teuer, wie ein konventioneller Kleinwagen nach Rabattabzug. Erst durch die Projektförderung und die zu erwartenden niedrigeren Betriebskosten im Abschlussbericht Lörrach macht Elektrizität mobil 2011-7

Vergleich zum konventionellen Fahrzeug ließen sich die Total Costs of Ownership so rechnen, dass ein wirtschaftlicher Betrieb darstellbar wurde. Voraussetzung ist allerdings, dass das e-Auto ähnlich gut genutzt wird, wie die konventionellen Kleinwagen, d.h. mindestens 20.000 km Jahresfahrleistung zusammenbringen. Um dies zu erreichen muss das e-Fahrzeug, wie bei den konventionellen CarSharing-Fahrzeugen üblich, an vielen Tagen mehr als einmal genutzt werden. Das wiederum ließ sich nur mit einer kurzen Ladepause, also dem Einsatz einer Schnellladeinfrastruktur realisieren.

3.7.2 Betriebskosten

Wie gerade zum Thema Investitionskosten beschrieben, muss ein e-Auto für den wirtschaftlichen Betrieb viel unterwegs sein. Die Betriebskosten sind dafür umso niedriger und sorgen ab der schon erwähnten Jahresfahrleistung von 20.000 km für kostenmäßigen Gleichstand zum konventionellen, Fahrzeug mit Ottomotor in der Gesamtbetrachtung. Wird ein Dieselfahrzeug zum Vergleich herangezogen, muss das e-Auto noch deutlich mehr Kilometer pro Jahr zurücklegen. Für einen aussagekräftigen Vergleich müssten dann allerdings bei e-Autos bisher noch nahezu unbekannte Faktoren wie Restwerte und die Reparaturanfälligkeit sowie die Teilekosten im Alter herangezogen werden.

Bei den Betriebskosten spielt zum einen der günstige Treibstoff Strom zugunsten des e-Autos eine entscheidende Rolle. So lässt sich im Realbetrieb ein Verbrauch von ca. 15 kWh pro 100 km feststellen, was Kosten von ungefähr 4,00 Euro entspricht. Hinzu kommt allerdings die Batteriemiete, denn Renault verkauft zwar das Fahrzeug an sich, aber nicht den „Tank“. Dies sorgt für zusätzliche Kosten von nochmals ca. 4,00 Euro/100 km, die den Treibstoffkosten zugeschlagen werden können. Damit bewegt sich der Zoe hier auf einem Niveau mit Kleinwagen mit Ottomotor.

Der Erlass der KFZ-Steuer bis 2021 spielt in den Betriebskosten keine wesentliche Rolle und ist daher nicht mehr als eine nette Geste des Gesetzgebers.

Deutlich für das e-Auto sprechen wiederum die laufenden Kosten für Wartung und Inspektionen. Hier bietet Renault Komplettpakete an, die sich auf einem Kostenniveau von 50 % der üblichen Kosten eines vergleichbaren Kleinwagens liegen. Der Antrieb im e-Auto ist in Bezug auf die mechanischen Teile deutlich einfacher als bei einem konventionellen Fahrzeug. Mit anderen Worten: Was nicht vorhanden ist, kann auch nicht kaputt gehen. Typische Verschleißteile wie Auspuff und Bremsen sind nicht vorhanden bzw. deutlich verschleißärmer.

Noch nicht klar ist die langfristige Haltbarkeit insbesondere in Bezug auf die komplexe Elektronik und die sicherlich noch auf Jahre bestehende Bindung an die auf e-Autos spezialisierten Fachwerkstätten. An dieser Stelle liegt die größte Unbekannte in den Betriebskosten. Sollte das e-Auto über Jahre ohne größere Defekte und Mängel funktionieren, kann es sich, auch angesichts tendenziell zukünftig wieder steigender Ölpreise, als kostengünstige Wahl herausstellen. Sollte sich hingegen die Technik als dauerhaft wenig haltbar herausstellen, könnte das e-Auto später zur Kostenfalle werden.

3.7.3 Verbesserung der Wirtschaftlichkeit

Da die Batterien der e-Fahrzeuge gemietet werden und die Batteriekosten bei höheren Ladeleistungen als den üblichen 22kW zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme sehr hoch waren, musste die Ladeleistung zunächst im Projekt für einen wirtschaftlichen Betrieb gedrosselt werden. Die höhere Leistungsabgabe wurde aber im November 2015 eingerichtet, als von der erhöhten Batteriemiete für die höheren Ladeleistungen von Renault Abstand genommen wurde. Damit bot sich die Möglichkeit, zu einem

höheren Ladestrom (43kW/64 A) zu wechseln und damit zukünftig die Ladepause weiter zu verkürzen, um eine noch bessere Verfügbarkeit und damit Auslastung der Fahrzeuge zu ermöglichen.

4 Auswirkung der Umsetzung

4.1 Betriebliche Auswirkungen

Die finanziellen realen Auswirkungen des Betriebes führen tatsächlich zu geringeren Kosten im Betriebszustand der Fahrzeuge. Bedingt durch die vielen Stehzeiten der e-Autos aufgrund von technischen Schwierigkeiten, ist jedoch explizit bei diesen Fahrzeugen ein erhebliches Minus durch anfallende Fixkosten wie Versicherung, Parkplatzmiete, Werkstattzeiten etc. entstanden. z.B. mussten bis zu einem helfenden Fahrzeug-Update die Starterbatterien immer wieder gewechselt werden, da der ZOE so konzipiert war, dass zwar die Fahrzeugbatterie an der Ladestation aufgeladen wird, aber die Starterbatterie nur im Fahrbetrieb nachgeladen wurde. Dies hatte zur Folge, dass das Fahrzeug aufgrund der recht klein dimensionierten Starterbatterie nach wenigen Tagen Standzeit keine ausreichende Spannung zum Booten hatte, während die Fahrzeugbatterie komplett vollgeladen war. Seit dem Update wird nun die Starterbatterie auch während der Ladung bei Bedarf aus der Fahrzeugbatterie mit Strom versorgt.

Ein Reichweitenunterschied bei der Fahrzeugbatterie im Vergleich zwischen Winter- und Sommerbetrieb ist erkennbar. Dieser war aber nicht so erheblich, dass sich daraus tatsächlich eine wesentliche Nutzungseinschränkung ergibt.

Die Bedienung der e-Autos ist der eines konventionellen Fahrzeugs mit Automatikgetriebe ähnlich. Noch zu überprüfen ist die Frage, ob die e-Autos aufgrund der einfachen Bedienung und des hohen Fahrkomforts dauerhaft beliebter werden als konventionell angetriebene Fahrzeuge. Zur Beurteilung dieser Frage ist die bisherige Betriebszeit ebenfalls noch zu kurz.

Im Laufe der Praxisphase des Projekts und durch die aus der wachsenden Nachfrage resultierende Aufstockung des Fahrzeugpools in der Region, wurde bei Stadtmobil Südbaden immer intensiver die Einstellung eines Wagenwarts über das Maß eines Minijobs hinaus bzw. eine externe Vergabe der Fahrzeugreinigung und Wartung diskutiert. Nachdem sich eine externe Vergabe zum einen als wirtschaftlich uninteressant herausstellte, zum anderen die Betreuung der Ladeinfrastruktur auf First-Level-Ebene damit nicht gewährleistet werden konnte, entschied man sich Ende 2015 eine 80%-Stelle auszuschreiben. Seit Jahresbeginn 2016 werden nun die Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur in der Region professionell betreut. Es hat sich gezeigt, dass dieser Schritt absolut richtig war, da die Reaktionszeiten auf Ereignisse, wie dem Ausfall von Ladesäulen, immens verkürzt werden konnten.

Im Nachgang zum Projekt gilt noch festzulegen, von wem die alle vier Jahre nötige elektrotechnische Sicherheitsüberprüfung durchgeführt werden wird. Zunächst ist dies mit dem im Projekt befindlichen Elektroplaner angedacht. Später kann dies ggf. im Zusammenhang mit dem weiteren e-CarSharing Projekt organisiert werden.

4.2 Pufferzeitenoptimierung durch Erfahrungswerte

Die echte Auswertung der Daten aus zwei Betriebsjahren, welche im Zusammenhang mit der Nutzerbefragung durchgeführt wurde, ergab auch interessante Informationen über das zeitgetreue

Buchungsverhalten der Kunden. Im Durchschnitt holen die Kunden das Fahrzeug vier Minuten nach Buchungsbeginn ab und geben es rund 12 Minuten vor Buchungsende wieder zurück.

Mit der Herabsetzung der nötigen Nachladezeiten durch höhere Ströme und verbunden mit der Erkenntnis, dass in der Regel die Batteriekapazität des Autos selten voll ausgenutzt wird, ergibt sich die Möglichkeit, dass die Pufferzeiten wesentlich herabgesetzt (auf eine halbe Stunde möglich) und somit ein fast ähnlicher Betrieb, wie bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen möglich wird. Diese Optimierung kann und wird im Nachgang des Projektes durch Stadtmobil Sübaden noch erfolgen.

4.3 Übertragbarkeit der Projektergebnisse

Abgesehen von der derzeit noch begrenzten Reichweite können moderne e-Autos genauso genutzt werden wie konventionelle Fahrzeuge. Damit kann die Projektidee, konventionelle CarSharing-Autos durch elektrische Fahrzeuge zu ersetzen, auch in anderen CarSharing-Projekten so realisiert werden. Die Rückkopplung zwischen Fahrzeug und Buchungssystem sollte auf jeden Fall erfolgen, weil nur so die für die Nutzung entscheidenden Parameter ins Buchungssystem einfließen können.

Die Ladestationen sollten mit einem fest montierten Ladekabel versehen sein. Dies hat u.a. den entscheidenden Komfort-Vorteil, dass bei schlechter Witterung nicht zunächst das lose Kabel aus dem Kofferraum geholt, bzw. bei Übernahme des Fahrzeugs ein ggf. dreieckiges Kabel zusammengelegt und in den Kofferraum gelegt werden muss. Zudem kann das recht teure Ladekabel nicht versehentlich an der Säule vergessen werden. Für das (Nach-) Laden an anderen Ladestationen befindet sich aber in jedem Fahrzeug trotzdem ein zusätzliches loses Ladekabel.

5 Zusammenfassung/Fazit

Trotz gewisser langer Phasen zum einen durch die Ungewissheit in Bezug auf Normierungen und der intensiven Suche nach DER EINEN geeigneten Lösung und zum Zweiten einer längeren Phase der Beseitigung von Kinderkrankheiten, konnte das Projekt erfolgreich abgeschlossen werden.

Im Verlauf des Projektes, waren zusätzlich aufkommende Probleme und Fragen zu lösen, die zuvor nicht bedacht werden konnten. Wie z.B. löst man den Hinweis auf, dass e-Autos eine erhebliche Gefahrenquelle für sehbehinderte Menschen darstellen oder wie sichert man die Ladesäulen gegen ein Anfahren durch die davor zu parkenden e-Autos ab? Wie erhält man Informationen durch die Kunden im Störfall und wie sind diese dann meistens telefonisch übermittelten Informationen zu bewerten? Anwenderfehler oder tatsächliche Störung? Sind diese Punkte gelöst, kann ein vollwertiger Ersatz von konventionellen Fahrzeugen im CarSharing funktionieren. e-Autos müssen also nicht als zusätzliche, ergänzende Fahrzeuge auf den CarSharing-Markt kommen, sondern Elektromobilität und CarSharing kombinieren sich so ideal, dass das e-Auto zur ersten Wahl wird. Dem CarSharing-Nutzer kann ein rundes Paket angeboten werden, das funktioniert und ihn an die Elektromobilität heranführt.

Wichtig ist jedoch ein technischer und organisatorischer Kümmerer seitens des Betreibers der Ladesäulen. Wird, wie im vorliegenden Fall, nicht nur Fahrzeugbestand ergänzt, sondern ersetzt mit innovativen, speziell entwickelten Ladesäulen, so ist auch viel Elan und Entwicklungswillen seitens des Ladesäulenherstellers ebenso wie ein guter und interessierter Elektroplaner und Elektriker nötig. Dessen Elan war wichtig, zu diesem Zeitpunkt noch nicht bestehenden Regelungen in den technischen Anschlussbedingungen des Netzbetreibers zu begegnen. Wird auf normierte Abläufe aufgebaut, wie

z.B. bei der normierten 22 kW / 32 A AC-Beladung, ist die Integration in der Regel elektrotechnisch kein Problem.

Größere Reichweiten werden zu einem erheblichen Teil über größere Batteriekapazitäten erreicht werden müssen. Dadurch wird jedoch die Ladezeit, respektive nicht nutzbare Standzeit wieder länger. Der Schritt zu höheren Ladeströmen bis hin zur Gleichstromladung (DC) im low-Bereich ist zur Integration und besseren Auslastung der e-Fahrzeuge daher ein konsequenter Schritt. Nur durch eine möglichst kurze „Nachladezeit“ können die e-CarSharing-Autos möglichst viel im Einsatz sein und somit eine optimale Auslastung und Wirtschaftlichkeit erreichen. Zudem wird die bei der Herstellung der Batterie eingesetzte graue Energie auf möglichst viele Nutzungskilometer verteilt. Leider hat sich Renault derzeit aus der Wechselstrom-Beladung (AC) mit höheren Strömen zurückgezogen. Der ZOE wird aktuell nur noch mit 22 kW/ 32 A Wechselstrombeladung ausgeliefert.

Problematisch bleibt, dass die Investition in die Ladesäulen als „echter Zuschuss“ seitens des Fördergebers und der Stadt Lörrach zu sehen ist. Denn durch eine Vermietung der Ladesäulen, ebenso durch den Verkauf von Ladestrom wird sich die Investition insbesondere später in teurere Gleichstromladesäulen nicht rechnen. In einem weiteren in Lörrach gestarteten e-CarSharing Projekt, welches sich durch dieses Projekt als Joint-Venture gefunden hat, zeigt sich, dass eine Kombination und Öffnung der Ladesäulen für möglichst viele Stromkunden sinnvoll ist. In dem Fall werden die Ladesäulen sowohl durch eine öffentliche Nutzung von Privatfahrzeugen, als auch durch das e-Carsharing genutzt. Allerdings bietet sich dies aktuell in einem preislich erschwingbaren Niveau nur für 22kW/32A Wechselstromladungen an zwei Ladepunkten, was wiederum zu längeren Ladezeiten für die e-CarSharing-Fahrzeuge führt. Bei einer durchschnittlichen Kundenanzahl und damit Auslastung pro CarSharing-Fahrzeug im ländlicheren Raum (vgl. Tabelle 1, Seite 12), lässt sich dies derzeit durchaus noch finanziell darstellen, wenn die Fahrzeuge zu einem niedrigeren Preis (staatliche Förderung) verfügbar sind. Eine Förderung der Ladesäulenteknik könnte hier für zusätzlichen Schub sorgen. Insgesamt führen diese Ergebnisse aber dazu, dass Elektromobilität ein wirtschaftlich zu unterstützendes „Förderkind“ bliebe.

Den ZOE nur noch mit 22 kW/32A Wechselstrom-Belademöglichkeit auszuliefern, ist wohl als Zugeständnis Renaults an die europäische Normungsverfahren und auch ggf. aufgrund der geringen Nachfrage nach höheren Ladeströmen und damit zu deren Produktions-Kostenreduktion zu verstehen. Für den motorisierten privaten Individualverkehr, also die kurze Nachbeladung privater e-Autos beim Zwischenparken wie z.B. während des Einkaufs in der Stadt, ist dies auch durchaus ausreichend und sinnvoll.

Für den Einsatz im CarSharing ist aber ggf. ein anderer Ansatz denkbar. Denn einerseits werden Komponenten benötigt, die sehr schnell mit einer günstigen Ladeinfrastruktur wieder aufladen (wie bei Wechselstromladepunkten möglich), andererseits größere Reichweiten der Batterien. Die Belademöglichkeit des ZOE mit Wechselstrom und höheren Strömen 43 kW/64 A bietet daher aktuell das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis.

In Bezug auf Nachahmerprojekte bleibt daher zu hoffen, dass die Automobilindustrie CarSharing-Unternehmen als Kunden mit anderem Anforderungsprofil als der privaten Nutzung erkennt. Analog dem Nutzfahrzeugebau oder Spezialfahrzeugbau (Taxis, Arztnotruffahrzeuge etc.) könnte ggf. ein eigener bestellbarer „e-Auto-Typus“ für CarSharing – Business – Kunden für höhere Wechselstromladeströme analog diesem Projektbeispiel angeboten werden. Durch die klare Zunahme an CarSharing (über 150 Unternehmen bundesweit) und der Tatsache dass die beiden derzeit größten

CarSharing Anbieter Beteiligungen von zwei großen deutschen Automobilherstellern sind², wäre dies durchaus eine denkbare Variante.

In die Zukunft dieses Projektes gesprochen, bleibt unbedingt darauf zu hoffen, dass weiterhin Autos mit hohem Wechselstrom (AC) -Ladeströmen verfügbar sein werden, insbesondere zum Zeitpunkt eines späteren nötigen Ersatzes der Fahrzeuge.

Sinnvoll wäre im Nachgang über mehrere Jahre den weiteren Betriebsverlauf und auch die Wirtschaftlichkeit zu beobachten und zu dokumentieren und die Zusammenarbeit mit dem anderen nachgängig entstandenen Projekt in Lörrach durchgängig zu machen.

Anlage - Ladezeitrealmessungen

2

<http://www.carsharing-news.de/carsharing-anbieter/> 10. August 2016/19.00 Uhr

Stadtmobil Südbaden AG Fahrzeug Renault Zoe FR-CS 580		Tages Protokoll	Reale Ladezeitmessungen Elektromobilitätsprojekt in Lörrach			Datum Montag 13.06.2016
Protokollführer Walter Michael Fahrzeugwart Lörrach					Lörrach Veloeinstellhalle Ladesäule Nr. 558/557	
	Uhrzeit/Zeitraum	Ausgangsladezustand in Prozent (%)	Wiederaufladedauer	Verlauf/ besondere Vorkommnisse	Verantwortlich/ Unterschrift	
22 kW	12.50- 14.00	0 – 3 %	70 Minuten	99 % Ladesäule 558		
43 kW	20.30 – 21.20	0- 4 %	50 Minuten	99 % Ladesäule 557		

Ersteller Michael Walter 13.06.2016	Distribution Frau Christine Wegner-Sänger, Energieberatung, Energiemanagement und Energieprojekte Fachbereich Umwelt und Klimaschutz Stadt Lörrach	Seite 1/1
--	--	------------------

Stadtmobil Südbaden AG Fahrzeug Renault Zoe FR-CS 580		Tages Protokoll	Reale Ladezeitmessungen Elektromobilitätsprojekt in Lörrach			Datum Donnerstag 14.07.2016
Protokollführer Walter Michael Fahrzeugwart Lörrach					Lörrach Veloeinstellhalle Ladesäule Nr. 558 gedrosselt 32 A / 22 KW	
32 A	Uhrzeit/Zeitraum	Ausgangsladezustand in Prozent (%)	Wiederaufladedauer	Verlauf/ besondere Vorkommnisse	Verantwortlich/ Unterschrift	
22 kW	9.51 Uhr 9.54 Uhr	0 % 5 %	3 Minuten	Vor der Messung musste ein Reset durchgeführt werden um 9.45 Uhr		
	09.57 Uhr 09.59 Uhr 10.02 Uhr	10 % 15 % 20 %	3 Minuten 2 Minuten 3 Minuten			
	10.08 Uhr 10.14 Uhr	30 % 40 %	6 Minuten 6 Minuten			
	10.20 Uhr 10.26 Uhr 10.38 Uhr 10.41 Uhr 10.45 Uhr 10.52 Uhr 10.55 Uhr 10.57 Uhr 11.00 Uhr 11.04 Uhr 11.40 Uhr	50 % 60 % 80 % 85 % 90 % 95 % 96 % 97 % 98 % 99 % 100 %	6 Minuten 4 Minuten 12 Minuten 3 Minuten 4 Minuten 7 Minuten 3 Minuten 2 Minuten 3 Minuten 4 Minuten 36 Minuten			

Ersteller Michael Walter 14.07.2016	Distribution Frau Christine Wegner-Sänger, Energieberatung, Energiemanagement und Energieprojekte Fachbereich Umwelt und Klimaschutz Stadt Lörrach	Seite 1/1
--	--	------------------

Stadtmobil Südbaden AG Fahrzeug Renault Zoe FR-CS 580	Tages Protokoll	Reale Ladezeitmessungen – Ergebniskontrolle Ladesäule anderer Hersteller Elektromobilitätsprojekt in Lörrach	Datum Montag 25.07.2016
---	--------------------	---	-------------------------------

Protokollführer Walter Michael Fahrzeugwart Lörrach Stadtmobil Südbaden AG	Lörrach Waldorfschule 32 A / 22 KW
--	---------------------------------------

32 A	Uhrzeit/Zeitraum	Ausgangsladezustand in Prozent (%)	Wiederaufladungsdauer	Verlauf/ besondere Vorkommnisse	Verantwortlich/ Unterschrift	
22 KW	9.41 Uhr	0 %				
	9.44 Uhr	5 %	4 Minuten			
	9.47 Uhr 9.53 Uhr 10.00 Uhr	10 % 20 % 30 %	3 Minuten 6 Minuten 7 Minuten			
	10.06 Uhr 10.12 Uhr 10.19 Uhr 10.25 Uhr	40 % 50 % 60 % 70 %	6 Minuten 6 Minuten 7 Minuten 6Minuten			
	10.31 Uhr 10.35 Uhr 10.41 Uhr	80 % 85 % 90 %	6 Minuten 4 Minuten 4 Minuten			
	10.51 Uhr 11.34 Uhr	95 % 100 %	10 Minuten 43 Minuten			

Ersteller Michael Walter 25.07.2016	Distribution Frau Christine Wegner-Sänger, Energieberatung, Energiemanagement und Energieprojekte Fachbereich Umwelt und Klimaschutz Stadt Lörrach	Seite 1/1
--	--	--------------

Adolf Strübe Str. 18 - 79689 Maulburg

Prüfobjekt: Ladesäulen Velöhalle
 Adresse: Bahnhofstraße
 PLZ / Ort: 79539 Lörrach

Blatt 1/1

Auftraggeber: Stadt Lörrach
 Projekt Nr.: D1622.02

Prüfer: A. Hoferer

Ladesäule Nr. 558		Stromstärke L1 [A]	Stromstärke L2 [A]	Stromstärke L3 [A]
Ladestand bei Beginn 88% Ende 98%				
1	Ladevorgang 1	39,4	38,2	36,7
2	Ladevorgang 2	35,3	34,0	33,1
3	Ladevorgang 3	32,1	31,1	29,9
4	Ladevorgang 4	29,4	28,8	28,2
5	Ladevorgang 5	27,5	27,0	26,0
6	Ladevorgang 6	24,6	23,8	22,7

Ladesäule Nr. 557		Stromstärke L1 [A]	Stromstärke L2 [A]	Stromstärke L3 [A]
Ladestand bei Beginn 59% / Ende 86%				
1	Ladevorgang 1	60,4	60,1	59,6
2	Ladevorgang 2	60,3	59,6	59,4
3	Ladevorgang 3	60,3	60,0	59,7
4	Ladevorgang 4	15,7	15,6	15,5
5	Ladevorgang 5	15,7	15,6	15,5
6	Ladevorgang 6	60,1	58,8	59,4

Verantwortlicher Prüfer: (Elektrofachkraft)
 Ort/Datum

Unterschrift:

Auftraggeber:
 Ort/Datum

Unterschrift:

Adolf Strübe Str. 18 - 79689 Maulburg

Prüfobjekt: Ladesäulen Niederfeldplatz
Adresse: Kreuzstraße 52
PLZ / Ort 79540 Lörrach

Blatt 1/1

Auftraggeber: Stadt Lörrach
Projekt Nr.: D1622.02

Prüfer: A. Hoferer

Messung am 28.07.2016

Ladesäule Nr. 559		Stromstärke L1 [A]	Stromstärke L2 [A]	Stromstärke L3 [A]
Ladestand bei Beginn 90% / Ende 94%				
1	Ladevorgang 1	32,1	31,1	30,1
2	Ladevorgang 2	28,8	27,9	27,5
3	Ladevorgang 3	26,7	26,3	26,2
4	Ladevorgang 4	25,7	25,6	25,0
5	Ladevorgang 5	24,1	23,9	23,4
6	Ladevorgang 6	22,5	22,5	21,7

Messung am 29.07.2016

Ladesäule Nr. 559		Stromstärke L1 [A]	Stromstärke L2 [A]	Stromstärke L3 [A]
Ladestand bei Beginn 91% / Ende 93%				
1	Ladevorgang 1	22,9	22,6	22,8
2	Ladevorgang 2	22,0	22,1	21,1
3	Ladevorgang 3			
4	Ladevorgang 4			
5	Ladevorgang 5			
6	Ladevorgang 6			

Verantwortlicher Prüfer: (Elektrofachkraft)
Ort/Datum Unterschrift:

Auftraggeber:
Ort/Datum Unterschrift:

Unterschrift: