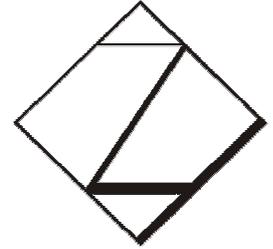


**Autoservice
DEMMLER**

Westfälische Hochschule Zwickau
University of Applied Sciences
Fakultät Elektrotechnik



„Elektromobilität aus einer Hand in der Zukunft“

Zwickauer Elektromobilität vor Ort (ZEmO)

Projektlaufzeit: 01.06.2013 bis 30.06.2016

Schlussbericht 2016

Projektpartner:

Autoservice Demmler (ASD)

Kirchberger Straße 55, 08112 Wilkau-Haßlau
FKZ.: 16SBS032A

Westfälische Hochschule Zwickau (WHZ)

Fakultät Elektrotechnik

Dr.-Friedrichs-Ring 2A, 08056 Zwickau
FKZ.: 16SBS032B

.....
Friedhelm Bilsing
(Projektleiter ASD)

.....
Prof. Dr.-Ing. Mirko Bodach
(Projektleiter WHZ)

Zwickau, September 2016

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	V
1 Allgemeine Projektdaten.....	6
2 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse	7
2.1 AP1 Anschaffung eines Fahrzeugpools zur Vermietung an potenzielle Kunden.....	7
2.1.1 AP1.1 Marktanalyse und Verfügbarkeitsrecherche der E-Autos	9
2.1.2 AP1.2 Konzeption für den Umbau herkömmlicher Fahrzeuge auf Elektrofahrzeuge	10
2.1.3 AP1.3 Umbau der gelieferten Fahrzeuge	14
2.1.4 AP1.4 Organisation der Fahrzeugvermietung.....	14
2.2 AP2 Service und Schulungen in einem Handwerksbetrieb	15
2.3 AP3 Kundenbetreuung und Beratung zu den Geschäftsmodellen	17
2.3.1 AP3.1 Kontaktaufnahme mit Interessenten und Kunden, Erschließung neuer Zielgruppen	18
2.3.2 AP3.2 Start von Marketingmaßnahmen.....	20
2.3.3 AP3.3 Entwicklung geeigneter Geschäftsmodelle für „Carsharing“.....	23
2.4 AP4 Schaffung der baulichen Voraussetzungen für Einbindung weitere regenerativer Erzeuger und Ladepunkte	24
2.4.1 AP4.1 Kontaktaufnahme und Zusammenarbeit mit Architekten.....	26
2.4.2 AP4.3 Realisierung des Energiespeichers und der Ladestationen für Elektrofahrzeuge.....	26
2.5 AP5 Elektrisches Energieversorgungsnetz (Niederspannungsnetz) unter Einbeziehung regenerativer Energien für die Bereitstellung von Lademöglichkeiten	27
2.5.1 AP5.1 Aufnahme des Istzustandes des Energieversorgungsnetzes und Standortwahl der Lademöglichkeiten	27
2.5.2 AP5.2 Integration der Ladesäulen für Normal- und Schnellladung	27
2.5.3 AP5.3 Entwicklung einer Elektrotankstelle mit einem Energiespeichersystem am Standort Autoservice Demmler mit der Integration regenerativer Energien (PV-Anlage vorhanden).29	29
2.5.4 AP5.4 Wissenschaftliche Untersuchung des Potenzials der vorhandenen Wasserkraftanlage	34
2.6 AP6 Entwicklung des Mess- und Datenloggersystems für die Anwendung im Elektrostraßenfahrzeug sowie in den Ladepunkten.....	37
2.6.1 AP6.1 Hard- und softwareseitige Realisierung eines jeweils angepassten Messsystems für Elektrostraßenfahrzeuge sowie Ladepunkte	37
2.6.2 AP6.2 Messdatenerfassung und Messdatenspeicherung für E-Autos und Ladepunkte.....	40
2.6.3 AP6.3 Auswertung der gesamten Messdaten für E-Autos und Ladepunkte.....	42
2.7 AP7 Ableitung geeigneter Geschäftsmodelle und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für die Elektromobilität vor Ort.....	46
2.7.1 AP7.1 Geschäftsmodellentwicklung für eine Elektromobilität in enger Zusammenarbeit mit dem Projektpartner	46
2.7.2 AP7.2 Wirtschaftliche Geschäftsmodelle für den Betrieb der Ladepunkte (E-Tankstelle) ...	47
2.7.3 AP7.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für den Nutzer der E-Autos	51
2.8 AP8 Monitoring der Energie- und Finanzströme im Netz der Ladeinfrastruktur und dessen Abrechnungssystemen.....	55

2.8.1	AP8.1 Konzeption, Modellierung und Umsetzung von Diensten zur Erfassung, Verarbeitung und Bereitstellung der darzustellenden Informationen	55
2.8.2	AP8.2 Evaluierung von Varianten zur flexiblen Visualisierung der Komponenten eines dezentralen Energieversorgungssystems (regenerative Erzeuger, Speichertechnologien, usw.)	57
2.8.3	AP8.3 Implementierung und Integration der Visualisierung in das Informations- und Kommunikationssystem	57
3	Vergleich des derzeitigen Standes mit dem geplanten Stand	63
4	Betrachtung der Projektziele	63

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Aufteilung der gefahrenen Kilometer je Marke im gesamten Projektzeitraum	8
Abbildung 2	Emissionseinsparungen CO ₂ in kg während des Projektes	9
Abbildung 3	mögliche Antriebskonzepte	10
Abbildung 4	Komponenten eines elektrischen Antriebssystems.....	11
Abbildung 5	Integration der Elektromobilität in das Betriebsnetz von ASD	16
Abbildung 6	Interessentenverteilung	17
Abbildung 7	Ergebnisse der Befragung.....	17
Abbildung 8	Benotung der Mietkunden nach Schulnoten	19
Abbildung 9	Benotung der Probefahrer nach Schulnoten.....	19
Abbildung 10	Marketingaktivitäten während des Projektes	23
Abbildung 11	Fahrzeugflotte auf neuem Stellplatz mit Ladesäulen	24
Abbildung 12	Neu errichtete PV-Anlage (2014, 30 kWp).....	25
Abbildung 13	Luftbild ASD	25
Abbildung 14	Anschlüsse der verwendeten Ladestationen	26
Abbildung 15	Istzustand Energieversorgung ASD.....	27
Abbildung 16	Anschlussplan AS Demmler	28
Abbildung 17	Batteriekosten je kWh	30
Abbildung 18	Einsparung Energieeinkauf	30
Abbildung 19	Ladesäule mit Energiespeichersystem	31
Abbildung 20	Schema zur Energiebilanz ASD	31
Abbildung 21	Austausch der Stacks beim Speichersystem.....	33
Abbildung 22	Energiebilanz erstes Halbjahr 2016.....	34
Abbildung 23	Windmessmast auf dem Betriebsgelände des ASD	36
Abbildung 24	Ergebnisse der ersten Jahreshälfte 2016	36
Abbildung 25	Weg der Aufnahmedaten	38
Abbildung 26	Ladevorgang des C-Zero	38
Abbildung 27	Aufnahmedaten: Testfahrt Zwickau	39
Abbildung 28	Schnellstraßenauffahrt	39
Abbildung 29	Schemata Datenübermittlung	41
Abbildung 30	Benutzeroberfläche der Datenbankabfrage	42
Abbildung 31	Messfahrt mit Höhenprofil	43
Abbildung 32	Ladewirkungsgrad	44
Abbildung 33	Canvas-Geschäftsmodell für das Projekt ZEmO	47
Abbildung 34	Kostenentwicklung bei Erhöhung der jährlichen Ladeenergie.....	49
Abbildung 35	monatliche Energiekosten in Abhängigkeit der Erzeugungsart	50
Abbildung 36	Kostenvergleich C-Zero und VW Polo	52
Abbildung 37	Kostenvergleich C-Zero und VW Polo bei erhöhtem Mietpreis	53
Abbildung 38	Requirement Engineering Modell (Bericht 2013)	55
Abbildung 39	Device catalogue editor.....	56
Abbildung 40	Visualisierung des Betriebsnetzes.....	58
Abbildung 41	Visualisierung der Systemparameter.....	59
Abbildung 42	Visualisierung der Energiezähler	59
Abbildung 43	Programmoberfläche mit Kundendaten	60
Abbildung 44	Programmoberfläche mit Ladesäulenübersicht.....	60
Abbildung 45	schemenhafte Darstellung des Firmennetzwerkes bei ASD	61
Abbildung 46	Aufbau des Datenprotokolls	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Investitionen Fahrzeugflotte nach Projektjahren	7
Tabelle 2	notwendige Komponenten für den Umbau	13
Tabelle 3	Auszug Modul 8 Smart Advisor	15
Tabelle 4	Preisnachlässe für Langzeitmieter und Käufer	18
Tabelle 5	Veranstaltung und Messen.....	21
Tabelle 6	Veröffentlichungen	22
Tabelle 7	Tagungen und Workshops	23
Tabelle 8	Technischer Vergleich Speichersysteme.....	29
Tabelle 9	Randbedingungen Datenübermittlung	40
Tabelle 10	Datenhistorie	41
Tabelle 11	Inhalte des Canvas-Modell	46
Tabelle 12	Arbeitspreise	48
Tabelle 13	Kostenübersicht Ladesäule	48
Tabelle 14	Ladekosten nach Projektende	50
Tabelle 15	zeitlicher Stand der Arbeitspunkte	63

1 Allgemeine Projektdaten

Im Rahmen des Schaufensters Elektromobilität Bayern - Sachsen wurde das Förderprojekt „Zwickauer Elektromobilität vor Ort (ZEmO)“ von folgenden Projektpartnern bearbeitet:

Autoservice Demmler (ASD)
Kirchberger Straße 55, 08112 Wilkau-Haßlau
Projektleiter: Friedhelm Bilsing

und der

Westsächsische Hochschule Zwickau (WHZ)
Dr.-Friedrichs-Ring 2A, 08056 Zwickau
Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Mirko Bodach

Im folgenden Schlussbericht wird der gesamte Projektzeitraum von Juni 2013 bis Juni 2016 betrachtet. Dabei werden zuerst wichtige wissenschaftliche / technische Ergebnisse dargelegt, mit dem Planungsstand (Meilensteinplan) verglichen und eventuelle Änderungen begründet. Der Bericht wurde von den Projektpartnern gemeinsam erstellt.

2 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

In den folgenden Unterpunkten werden erreichte Ziele und Zwischenstände aller Projektjahre beschrieben. Der Bericht ist nach Arbeitspunkten gegliedert.

2.1 AP1 Anschaffung eines Fahrzeugpools zur Vermietung an potenzielle Kunden

Während der Projektlaufzeit wurden insgesamt 58, meist gebrauchte, Fahrzeuge angeschafft und 15 Fahrzeuge wieder verkauft (Tab. 1). Das Investitionsvolumen für den derzeitigen Fahrzeugpool mit 43 Fahrzeugen betrug nach Abzug des Verkaufserlöses insgesamt 838.464,00 €. Die Planvorgabe für das Projekt waren 20 Fahrzeuge mit einer geplanten Investitionssumme von 463.087 €.

	Investition	2013	2014	2015	2016	Verkauft
Summe	838.464 €	11	17	12	18	15
Mitsubishi I-Miev	60.715 €		4			
Mia L	39.316 €	2				2
Citroën C-Zero	124.168 €	4	3	2	3	5
Think 2 Sitzler	59.374 €	3	1			
Think 4 Sitzler	17.150 €	1				1
VW T5	88.000 €		1			
Tesla Model S	582.081 €		1	5	2	6
Citroën Berlingo	42.077 €	1	1			
Smart	23.442 €		1		1	
VW E-UP!	80.311 €		1		4	
Renault ZOE	186.020 €		3	3	7	1
Peugeot I-On	17.126 €		1		1	
Renault Kangoo	21.107 €			2		
Gepl. Investitionen	463.087 €					

Tabelle 1 Investitionen Fahrzeugflotte nach Projektjahren

Die Fahrzeuge wurden entsprechend der Corporate Identity (CI) beschriftet und eine Übernahmeinspektion durchgeführt.

ASD besitzt nun sehr gute Kenntnisse auf dem Markt für Elektrofahrzeuge und hat sich aufgrund der Marktsituation und der Verfügbarkeit für die Anschaffung der oben genannten Fahrzeuge entschieden. Die Fahrzeuge werden zum Teil im Werkstatt- Ersatzverkehr

eingesetzt, wobei der größte Teil vermietet ist. Dabei sind kurze Mietzeiten von einem Tag bis zu einem Monat üblich. Es gibt aber auch Kunden, die längerfristig mieten. Diese Kunden wechseln in der Regel im Mietzeitraum die Fahrzeuge, um Erfahrungen mit mehreren Modellen zu sammeln.

Insgesamt betrachtet sind mehr als 90% aller Fahrzeuge täglich vermietet. Aufgrund der herausragenden Bedeutung des Tesla Model S wurde auf den Aufbau eines weiteren VW T5 verzichtet und stattdessen ein weiteres Modell S angeschafft.

In Abbildung 1 sind alle zurückgelegten Kilometer im gesamten Projektzeitraum nach Marke dargestellt.



Abbildung 1 Aufteilung der gefahrene Kilometer je Marke im gesamten Projektzeitraum

Durch den Einsatz der Elektrofahrzeuge konnten bei einer Laufleistung von 918.033 km während der Projektlaufzeit 136 Tonnen CO₂ Emission vermieden werden (Abb. 2). Durch die eigene Energieerzeugung wurden im selben Zeitraum 236 Tonnen Emission eingespart. Rechnet man die CO₂ Emission durch das BHKW entgegen, so ergab sich im gesamten Projekt eine Emissionsreduzierung von 257 Tonnen CO₂. In der folgenden Abbildung 2 sind die Einsparung durch die Elektrofahrzeuge und Photovoltaikanlagen sowie die Emission des BHKW während der vergangenen Projektjahre sowie der Stand zum 30.06.2016 dargestellt. Für das gesamte Jahr 2016 wird mit einer Emissionsreduzierung von 96 t durch die Elektrofahrzeuge und 80 t durch die überwiegend regenerative Energieproduktion gerechnet. Da sowohl der Mietpool als auch die Energieerzeugung im bisherigen Umfang weitergeführt wird, kann auch in Zukunft mit einer Emissionseinsparung von 176 Tonnen jährlich gerechnet werden, bei gleichbleibender Emission von 30 Tonnen CO₂ durch das BHKW. Bereinigt ergeben sich 146 Tonnen CO₂-Einsparung.

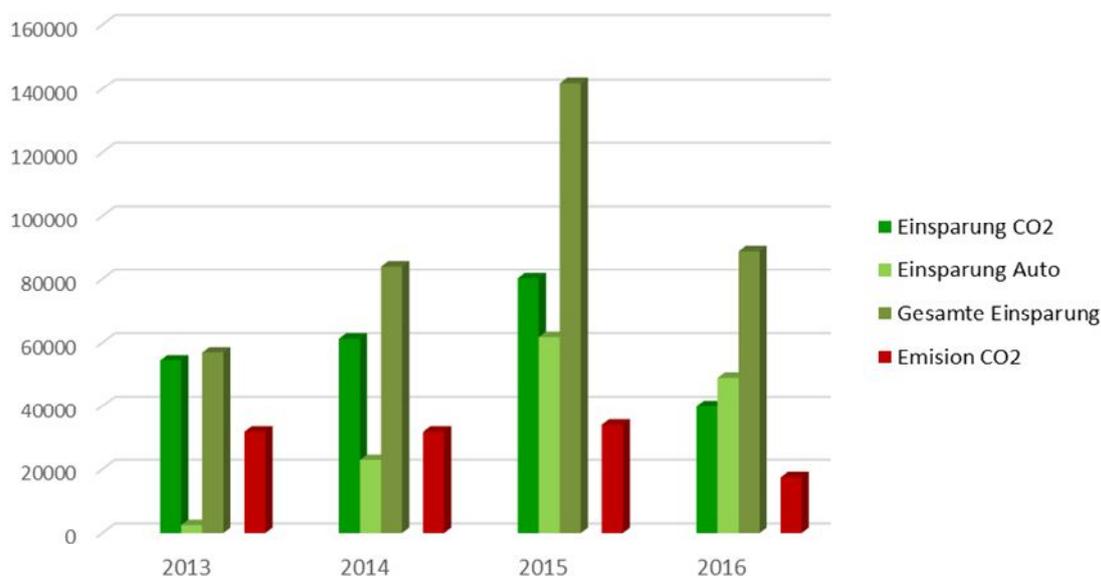


Abbildung 2 Emissionseinsparungen CO₂ in kg während des Projektes

2.1.1 AP1.1 Marktanalyse und Verfügbarkeitsrecherche der E-Autos

Während der gesamten Projektlaufzeit wurden der Markt von Elektrofahrzeugen und die verschiedenen Neuentwicklungen beobachtet, unter anderem über das Internetportal mobile.de. Des Weiteren gab es regen Erfahrungsaustausch mit Kollegen und Fachleuten bei den verschiedenen Konferenzen und Messen. So wurde z.B. 2016 der neue ZOE mit vergrößerter Batteriekapazität R240 angeschafft, nachdem die ersten Fahrzeuge verfügbar waren. Bei allen Investitionen in die Fahrzeugflotte wurde besonders auf das Preis-Leistungsverhältnis (Reichweite) geachtet. Daher wurde wie bereits berichtet auch vom Kauf eines weiteren umgebauten VW T5 abgesehen und stattdessen wurde ein Tesla Modell S gekauft. Über die Projektlaufzeit waren stets ca. 50% der am Markt verfügbaren Modelle im Mietpool vertreten.

2.1.2 AP1.2 Konzeption für den Umbau herkömmlicher Fahrzeuge auf Elektrofahrzeuge

Für den Umbau eines konventionellen PKW zum Elektrofahrzeug muss zunächst die Integration des elektrischen Antriebsstranges geklärt werden. Dabei stehen grundlegend die folgenden Möglichkeiten zur Verfügung:

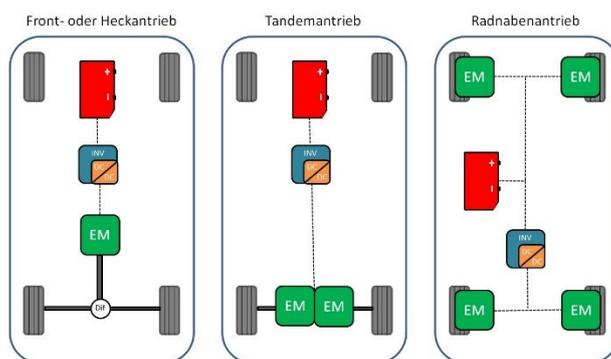


Abbildung 3 mögliche Antriebskonzepte

Bei der **ersten Variante** (links im Bild 3) ersetzt man den Verbrennungsmotor durch einen Elektromotor. Diese ist die einfachste Möglichkeit, da Getriebe und Differenzial, sowie alle Antriebswellen des konventionellen Antriebes erhalten bleiben.

Die **zweite Möglichkeit** (mittig im Bild 3) ergibt sich durch das Ersetzen des VM durch zwei parallel angeordneten Elektromotoren, welche zentral oder radnah positioniert werden. Durch diese Anordnung entfallen das ursprünglich vorhandene Getriebe und das Differenzial. Eine unabhängige elektrische Steuerung beider Motoren ist nun möglich und erlaubt an der angetriebenen Achse elektrische Fahrdynamikregelungen.

Die **dritte Variante** (rechts im Bild 3) zeigt einen elektrischen Allradantrieb über Radnabenmotoren. Durch die Verlagerung des Antriebes und den Wegfall von Getriebe und Gelenkwellen kann der frei werdende Bauraum beispielsweise für die Leistungselektronik und das Batteriesystem genutzt werden. Grundsätzlich bieten die Variante 2 und 3 durch den Einzelradantrieb mehr Freiheitsgrade für fahrdynamische Regelungen (ABS, ESP, etc.). Aufgrund der doppelten Ausführung von Motoren und Wechselrichtern ist jedoch auch mit etwas höheren Kosten zu rechnen.

Um die Umbaukosten möglichst gering zu halten, sollte der konventionelle Antriebsstrang beibehalten werden (Variante 1) und lediglich der Verbrennungsmotor gegen einen Elektromotor ersetzt werden. Mithilfe der Fahrzeugdaten lässt sich entsprechend das notwendige elektrische Antriebssystem dimensionieren.

Aufbau des elektrischen Antriebssystems

Das elektrische Antriebssystem besteht aus den in Abbildung 4 dargestellten Komponenten:

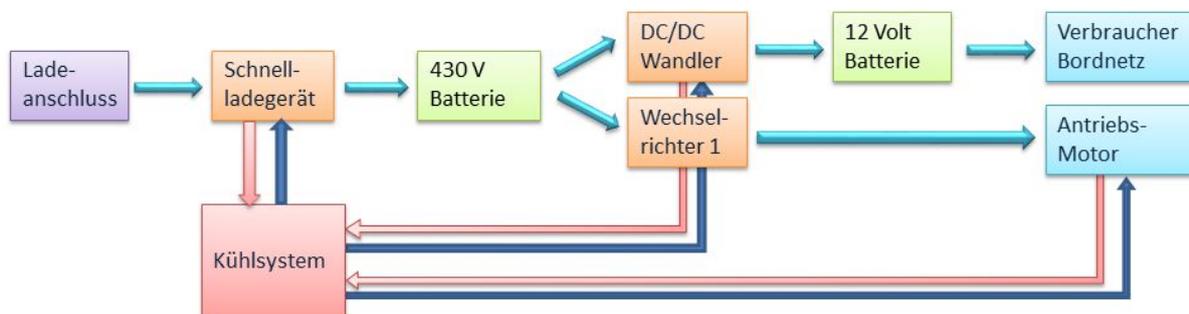


Abbildung 4 Komponenten eines elektrischen Antriebssystems

Zentrales Element ist hierbei das Energiespeichersystem, da es als einzige Energiequelle im Fahrzeug den Antriebsstrang und alle Verbraucher im 12V-Bordnetz versorgen muss. Der Antriebstrang umfasst den Antriebsmotor und den zum Betrieb notwendigen Wechselrichter. Da die Wechselrichter meist über keinen eingebauten Hochsetzsteller verfügen, bestimmt die Batterie die Höhe der Zwischenkreisspannung. Daher muss das Spannungsniveau der Traktionsbatterie auf die Wechselrichter und somit auf den eingesetzten Motor abgestimmt werden. Für die Speisung des 12V-Bordnetzes muss ein entsprechender Gleichspannungswandler verwendet werden. Zur Aufladung der Fahrzeugbatterie kann z. B. ein Typ 2 Ladeanschluss in Verbindung mit einem Schnellladegerät genutzt werden. Aufgrund der hohen Leistungsdichte müssen viele Komponenten aktiv über einen Wasser- oder Ölkreislauf gekühlt werden.

Dimensionierung des elektrischen Antriebssystems

Für Dimensionierung des elektrischen Antriebsstranges müssen zunächst die Fahrzeugtypen und die gewünschten Fahrleistungen bekannt sein. Des Weiteren muss geklärt werden, ob das konventionelle Schaltgetriebe beibehalten wird. Das Schaltgetriebe ermöglicht dem Fahrzeugführer die Anpassung des Motordrehmomentes auf den jeweiligen Bedarf. Wird der Motor stattdessen direkt an das Differential angebunden, müssen der Elektromotor und Achsübersetzung genau aufeinander abgestimmt werden, da sonst die gewünschte Höchstgeschwindigkeit oder erforderliche Drehmoment nicht erreicht wird.

Auswahl der eingesetzten Speichermedien

Für die Auswahl der Speichermedien müssen die folgenden Kriterien berücksichtigt werden:

- Energiedichte, Leistungsdichte
- Lebensdauer, Zyklenzahl

- Temperaturbereich
- Sicherheit

Für die Auswahl der verwendeten Speichermedien wurden folgenden Akkumulatoren in Tabelle 2 miteinander verglichen:

Klassische Batterien

- Bleibatterie
- Nickel-Cadmium-Batterie
- Nickel-Metallhydrid-Batterie

Lithium-Ion-Batterien

- Lithium-Polymer Akkumulator
- Lithium-Titanat Akkumulator
- Lithium-Eisenphosphat Akkumulator

Um einen möglichst hohen Energiegehalt und somit eine große Reichweite des Fahrzeuges zu gewährleisten, bleibt lediglich die Verwendung Lithium haltiger Batterien, da Blei- und Nickel-Cadmium-Batterien eine zu niedrige Energiedichte und Nickel-Metallhydrid-Batterien eine hohe Selbstentladung und geringe Zyklenzahl besitzen. Des Weiteren kann bei beiden Batterietypen im Falle einer mechanischen Beschädigung gefährliche Schwefelsäure (Bleibatterie) bzw. Kalilauge (Nickel-Cadmium-Batterie) austreten. Daher wurde die Nickel-Cadmium-Batterie bereits 2004 wegen des Gehaltes des Schwermetalls Cadmium verboten. Eine entsprechende Ausnahmeregel gilt für Not- oder Alarmsysteme, Notbeleuchtung, medizinische Ausrüstung und schnurlose Elektrowerkzeuge. In der Gruppe der Lithium-Batterien ist vor allem die Lithium-Polymer-Batterie aufgrund der hohen Leistungs- und Energiedichte sowie des hohen Entladestroms interessant. Dieser wird in vielfachen der Kapazität (in Ah), der sogenannten C-Rate angegeben. Lithium-Polymer-Zellen sind mit bis zu 25 C belastbar. Bei einer mechanischen Beschädigung der Zellen kann es jedoch zur Selbstentzündung der austretenden Gase kommen, sodass dieser Typ nicht für den Einsatz im Kraftfahrzeug geeignet ist. Die höchste Sicherheit bietet die Verwendung von Lithium-Titanat-Batterien, da diese auch bei mechanischer Beschädigung (Verkehrsunfall) nicht reagieren. Weitere positive Eigenschaften sind die sehr große Zyklenzahl, der weite Temperaturbereich sowie die hohe Leistungsdichte, wodurch diese Batterien besonders für den Einsatz im Kraftfahrzeug geeignet sind. Leider ist dieser Zelltyp derzeit schlecht verfügbar, sodass lediglich die Verwendung von Lithium-Eisenphosphat-Batterien möglich ist. Positiv ist hierbei die etwas höhere Energiedichte. Jedoch muss dafür eine deutliche Verminderung der Leistungsdichte und Zyklenzahl hingenommen werden.

Anordnung der elektrischen Komponenten

Für die Traktionsbatterie sowie alle übrigen HV Komponenten muss ein entsprechender Montageort im Fahrzeug gefunden werden. Um den Fahrzeugschwerpunkt möglichst niedrig

zu halten, müssen besonders schwere Komponenten (Batterie) möglichst tief im Fahrzeugboden untergebracht werden. Bei vielen Serien-Elektrofahrzeuge ist die deshalb Batterie unterhalb der Sitze angeordnet. Die selbsttragenden Karosserien konventioneller Fahrzeuge bieten meist in der Kofferraummulde und im Motorraum Platz zur Montage der Traktionsbatterie. Der Mitteltunnel ist hingegen meist zu schmal für ein Batteriesystem und kann daher für Umrichter, Pumpen usw. genutzt werden.

Umbaukosten für einen Mittelklasse PKW

Im Bereich der Elektrofahrzeugumbauten gibt es derzeit in den USA das beste Angebot an Motoren, Batterien und Zusatzkomponenten. Durch die dort stark wachsende Szene sind mittlerweile auch gute Umbausätze mit allen benötigten elektrischen Komponenten für verschiedene Fahrzeuge erhältlich. Die einzelnen Komponenten der Umrüstsätze sind entsprechend aufeinander abgestimmt und arbeiten meist mit relativ niedrigen Systemspannungen von bis zu 144 V.

Für einen Umrüstsatz mit Batteriezellen, z.B für einen VW Beetle müssen ab 16.000 \$ kalkuliert werden. Dabei sind die in Tabelle 2 aufgeführten Komponenten enthalten:

Anzahl	Komponente	Einzelpreis in US\$	Gesamtpreis in US\$
1	50 PS Elektromotor HPEVS mit CURTIS Wechselrichter	3.569	3.569
36	180 AH Batteriezellen von CALB	238	8.568
1	6.6 kW Ladegerät	1.443	1.443
1	Display	354	354
1	Adapterplatte Getriebe	400	400
1	Batteriemanagementsystem	1.099	1.099
1	Kühlsystem	245	245
1	500 Ampere Sicherung	125	125
1	Curtis "Gaspedal"	109	109
1	12 V Bordnetzwannder	104	104
1	Typ 2 Ladeanschlussdose Fahrzeug	82	82
			<u>16.016</u>

Tabelle 2 notwendige Komponenten für den Umbau

Die tatsächlichen Kosten sind abhängig vom Wechselkurs und zgl. der Einfuhr- und Zollkosten.

Für den Einbau der Komponenten ins Fahrzeug werden weiterhin noch Batterieboxen und entsprechende Motorhalter benötigt. Je nach Material und Ausführung müssen dazu mind. weitere 2000 € kalkuliert werden. Des Weiteren müssen die Kosten für den Einbau und die spätere Einzelabnahme des Fahrzeuges berücksichtigt werden.

Die anfallenden Einbaukosten können anhand der geschätzten Werkstattstunden kalkuliert werden. Diese ergeben sich aus dem Arbeitsplan für die Umrüstung:

Arbeitsplan Umrüstung

- | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1. Ausbau des Verbrennungsmotors sowie der nicht mehr benötigten Aggregate und Peripheriekomponenten | 10 Arbeitsstunden |
| 2. Planung der Anordnung der elektr. Komponenten, insbesondere der Batteriekisten | 10 Arbeitsstunden |
| 3. Fertigung der Batteriekisten | 15 Arbeitsstunden |
| 4. Einbau des Elektromotors und der Batteriekisten ins Fahrzeug | 6 Arbeitsstunden |
| 5. Bestückung bzw. Komplettierung der Batteriekisten | 4 Arbeitsstunden |
| 6. Einbau der übrigen Komponenten (Verkabelung, Kühlsystem, etc.) | 15 Arbeitsstunden |
| 7. Test und Inbetriebnahme der einzelnen Komponenten (Parametrierung BMS, Umrichter) | 12 Arbeitsstunden |
| 8. Testfahrt und Einzelabnahme bei Dekra | 8 Arbeitsstunden |

Insgesamt sind ca. 80 Arbeitsstunden geplant. Bei einem angenommenen Stundensatz der Werkstatt von 60 € ergeben sich Umrüstungskosten in Höhe von 4.800 €. Damit belaufen sich die gesamten Umbaukosten auf weit über 25.000 €. Zuzüglich der Anschaffungskosten für ein konventionelles Fahrzeug von ca. 15.000 € belaufen sich die Gesamtkosten auf über 40.000 €, sodass der Umbau gegenüber den Elektroserienfahrzeugen unwirtschaftlich ist.

2.1.3 AP1.3 Umbau der gelieferten Fahrzeuge

Die gelieferten Fahrzeuge wurden auf die Möglichkeit der Datenerfassung und -übertragung der Fahrzeugdaten geprüft. Dabei stellte sich heraus, dass nur Mitsubishi, Citroën und Peugeot die Voraussetzungen erfüllten. Die erforderlichen Dongles wurden gekauft und eingebaut. Für die Datenübertragung zur WHZ wurden Smartphones eingesetzt. Die übertragenen Daten wurden von der WHZ ausgewertet (siehe AP 6).

2.1.4 AP1.4 Organisation der Fahrzeugvermietung

Die Fahrzeugvermietung wurde bei ASD in die bestehenden Abläufe und EDV-Systeme integriert. Die Planung der Verfügbarkeit der Fahrzeuge erfolgt mit einem selbst erstellten Excel-Modul. Die Abrechnung erfolgte über das Werkstattprogramm WERBAS. Die Ladung der Fahrzeuge erfolgte nach Prioritäten an den vorhandenen Ladesäulen. Die Reinigung und Pflege der Fahrzeuge erfolgt in regelmäßigen Abständen, damit Erscheinungsbild und Sauberkeit der Fahrzeuge stets gegeben ist. Der Informationsbedarf der Kunden wurde unterschätzt, da er von PV-Anlagen, über Ladeverfahren bis hin zum Fahrzeug ging. Dabei sind wir mit unserem Personal zeitlich an Grenzen gestoßen.

2.2 AP2 Service und Schulungen in einem Handwerksbetrieb

In der Werkstatt wurde bereits 2012 ein Mitarbeiter in Hochvolttechnik geschult. Seitdem wurden weitere 4 Mitarbeiter in Hochvolttechnik bei der Handwerkskammer ausgebildet. Des Weiteren absolvierten ein Meister und 2 Mitarbeiter der Abteilung Elektromobilität die Ausbildung zum Smart Advisor (heute Berater Elektromobilität). Die gesamten Schulungsschwerpunkte (Auszug Tab. 3) befinden sich im Anhang A1.

Modul 8	
08.09.2014	Elektrotechnische Grundlagen für die eMob - Netzintegration Energienetze
09.09.2014	Smart Home, Smart Grid, Smart Metering
10.09.2014	Smart Home, Smart Grid, Smart Metering Ladesäulen inklusive Stecker – Standards
11.09.2014	Ladesäulen inklusive Stecker – Standards Gestaltung von Ladeprodukten
12.09.2014	Bauvorschriften Integration eMob in intelligente Netze

Tabelle 3 Auszug Modul 8 Smart Advisor

Für die Wartung der Elektrofahrzeuge wurde ein Diagnosegerät von Snap-On Tools gekauft. Mit diesem Gerät kann die Fehlersuche und Prüfung einzelner Funktionen durchgeführt werden. Der Hersteller bietet Updates an, sodass im Laufe der Zeit alle Elektrofahrzeuge mit diesem Gerät geprüft werden können. Die Wartung und Instandhaltung der Fahrzeuge wird bei Bedarf und dem Erreichen der Wartungsintervalle durchgeführt.

Die Fahrzeuge des Mietpools werden soweit es möglich ist in der eigenen Werkstatt gewartet. Für die Wartung der Fahrzeuge wurde ein eigener Arbeitsplatz geschaffen. Bevor die Arbeit am Fahrzeug beginnt, werden folgende Arbeitsschritte ausgeführt:

- Arbeitsraum absperren mit Ketten und Ständern (Farbe gelb-schwarz)
- Am Fahrzeuge werden Warnschilder mit dem Hinweis „Achtung Hochvolttechnik“ angebracht und auf dem Dach wird eine Warnpyramide aufgestellt
- Das Fahrzeug wird spannungsfrei geschaltet
- Bei Arbeiten an der Hochvolttechnik (z.B. Batterie, Kabel usw.) sind Schutzhandschuhe zu tragen
- Danach beginnen die Arbeiten am Fahrzeug, die sich in vielen Fällen nicht von dem Arbeiten bei nicht elektrisch angetriebenen Fahrzeugen unterscheiden z.B. Bremsen, Beleuchtung, Karosserie.

Mit allen Fahrzeugen aus dem Mietpool haben wir Erfahrungen bei Wartung und Instandsetzung. Auch einige Unfallschäden mussten repariert werden.

Im Rahmen des Projektes wurde vom Dialoginstitut eine Broschüre „Elektromobilität im Autohaus“ für die Bundesregierung erstellt. Bei der Erstellung der Broschüre haben wir intensiv mitgearbeitet.

Die Grundlage für die Akzeptanz der Elektromobilität wurde bei den Mitarbeitern des ASD zu Beginn des Projektes gelegt. Den Mitarbeitern wurde das Projekt nach der Genehmigung vorgestellt. Jeder Mitarbeiter konnte und kann auch noch heute ein Elektrofahrzeug kostenlos nutzen, wenn die Fahrzeuge verfügbar sind.

Die Elektromobilität und auch die Energieproduktion wurden nach Möglichkeit in die vorhandenen Strukturen integriert. Diese Integration und Akzeptanz im eigenen Betrieb ist ein wichtiger Baustein der Erfolgsgeschichte von ZEmO bzw. Autoservice Demmler. Diese Integration ist in Abbildung 5 dargestellt.

Integration der Elektromobilität in unsere Betriebsorganisation

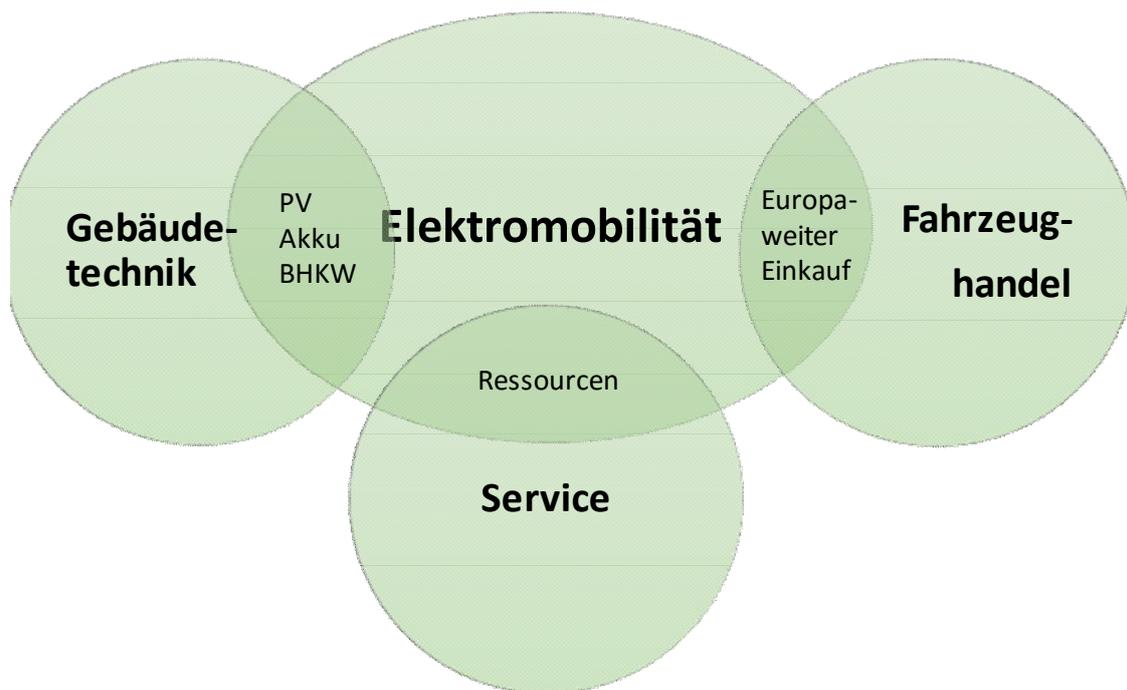


Abbildung 5 Integration der Elektromobilität in das Betriebsnetz von ASD

2.3 AP3 Kundenbetreuung und Beratung zu den Geschäftsmodellen

Auszug Projektjahr 2014

Für die Weiterentwicklung des Geschäftsmodells wurden Fragebögen entworfen und an die Interessenten, welche ein Fahrzeug gemietet, erprobt oder in einem mitgefahren sind, verteilt (Abb. 6).

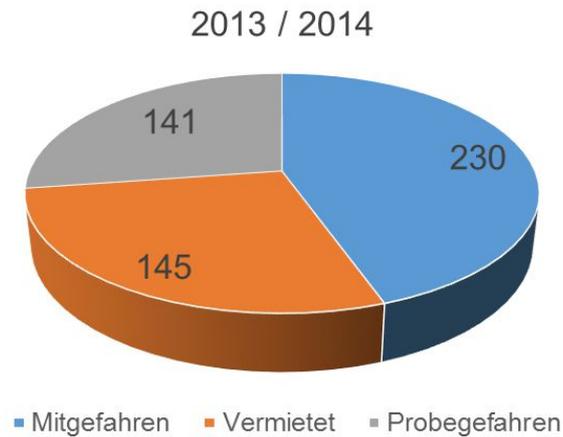


Abbildung 6 Interessentenverteilung

Die Befragung der 516 Personen ergab dargestellte Verteilung. Die Bewertung durch die Fahrzeugnutzer erfolgte nach dem Schulnoten-Prinzip (Abb. 7).

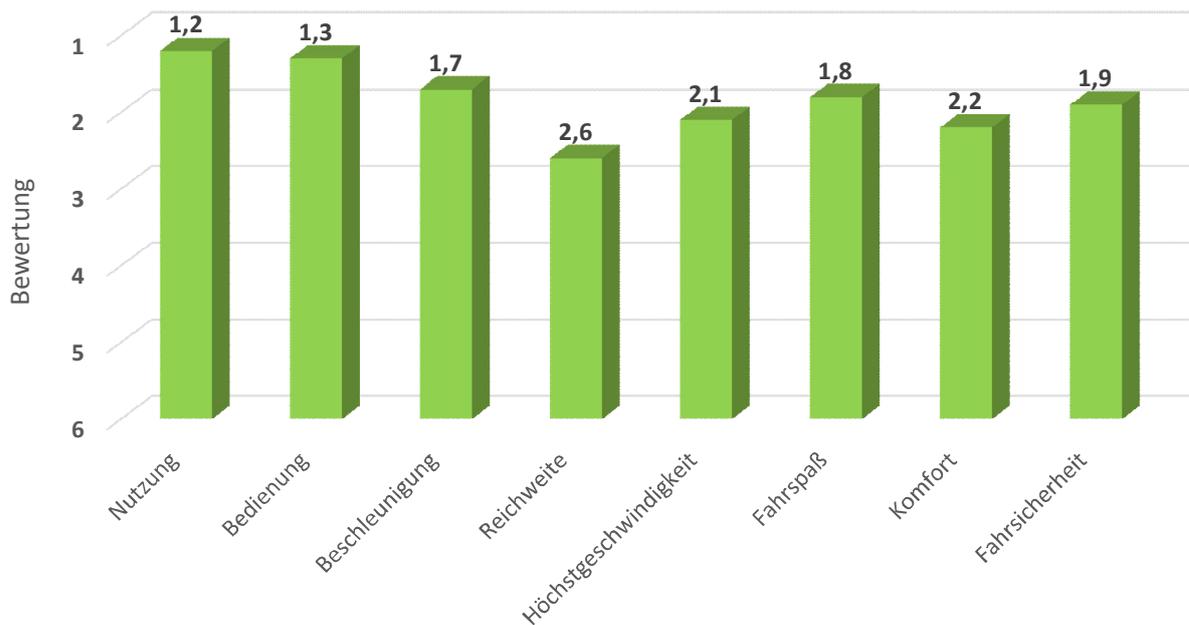


Abbildung 7 Ergebnisse der Befragung

Auszug Projektjahr 2015

Das Geschäftsmodell „Kaufe deine Mobilität“ wurde konkretisiert und wurde von uns bei allen Veranstaltungen aktiv vorgestellt und fand eine positive Resonanz. Das Modell sieht vor, für jeden Kunden die Mobilität sicherzustellen gemäß seinem Bedarf (Tab. 4). Unabhängig davon ob ein der Kunde ein Elektrofahrzeug kauft oder langfristig mietet, erhält er im Bedarfsfall einen Transporter oder PKW mit Verbrennungsmotor. Im Sommer 2015 wurden erstmals 2 VW Passat für den Urlaub gebucht und das Elektrofahrzeug bei uns abgestellt. Die attraktiven Konditionen sind in der nachstehenden Tabelle dargestellt.

"Kaufe deine Mobilität"

Für Kunden, die in Langzeitmiete sind oder ein Elektrofahrzeug gekauft haben.

Jahr	PKW	Transporter/Bus
1 - 3	50% Rabatt: 17,50 € pro Tag (inkl. 100 km/Tag, Mehrkilometer 0,10 €/km)	50% Rabatt: 25,00 € pro Tag (inkl. 100 km/Tag, Mehrkilometer 0,10 €/km)
> 3 (Solange, wie d. Kunde das E-Fzg. fährt)	10% Rabatt auf reguläre Preise	10% Rabatt auf reguläre Preise

Tabelle 4 Preisnachlässe für Langzeitmieter und Käufer

2.3.1 AP3.1 Kontaktaufnahme mit Interessenten und Kunden, Erschließung neuer Zielgruppen

Der vorhandene Kundenstamm von Autoservice Demmler bildete die Basis, um die Elektrofahrzeuge bekannt zu machen. Dabei wurden und werden die Fahrzeuge auch heute noch im Werkstattverkehr eingesetzt. Die zahlreichen Auftritte bei Veranstaltungen und Messen machte das Projekt Zem0 bekannt und daraus resultierte eine wachsende Nachfrage nach Elektrofahrzeugen. Bei all den Veranstaltungen gehörten die E-Tage im Autoservice Demmler, die Auftaktveranstaltung im Forum Mobile der WHZ, das Fahrevent zur Ergebniskonferenz in Leipzig und das Fahrevent zur E-Konferenz der Bundesregierung in Berlin zu den herausragenden Ereignissen. Durch den neugestalteten Internetauftritt von ASD, welcher u.a. für die Darstellung der Elektrofahrzeuge und der verschiedenen Veranstaltungen genutzt wurde, entstanden mehr und mehr auch überregionale Kontakte. Bei dem heute aktiven Netzwerk spielt auch die Empfehlung von Kunden eine große Rolle. Aufgrund der hohen Nachfrage nach dem Tesla Model S wurde eigens eine Tesla Vermietung „tesla-emotion“ kreiert und eine neue Internetseite geschaffen. Die Internetpräsenz bildet dabei die Grundlage für die neu entstandene Teslavermietung. Unter dieser Marke läuft mittlerweile eine Teslavermietung mit 10 Fahrzeugen.

Die Umsetzung der angedachten Geschäftsmodelle und die Nachfrage nach unseren Angeboten wurden durch die regelmäßige Befragung der Kunden mit Fragebogen kontrolliert. Die Bewertung der Fahrzeuge erfolgte durch Probefahrten (max. ein Tag, Abb. 9) und Mietkunden (min. 1 Woche, Abb. 8) nach dem Schulnotenprinzip (beste Note ist 1).

Diese Daten wurden während der gesamten Projektlaufzeit erfasst und entsprechend ausgewertet. Die folgenden Diagramme zeigen die unterschiedliche Meinung von Mietkunden und Probefahrern. Dabei wird ersichtlich, dass bei dauerhaftem Gebrauch des Elektrofahrzeuges die Defizite in puncto Reichweite, Komfort und Fahrsicherheit stärker als bei Testfahrten wahrgenommen werden. Die Bereiche Beschleunigung, Höchstgeschwindigkeit und Fahrspaß werden durch Mietkunden etwas schlechter bewertet.

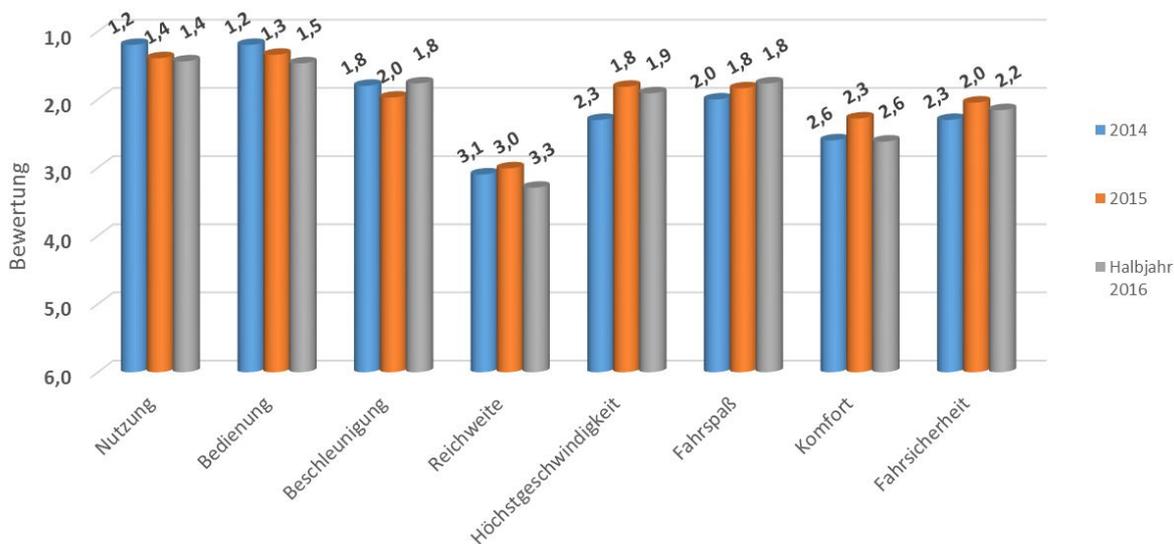


Abbildung 8 Benotung der Mietkunden nach Schulnoten

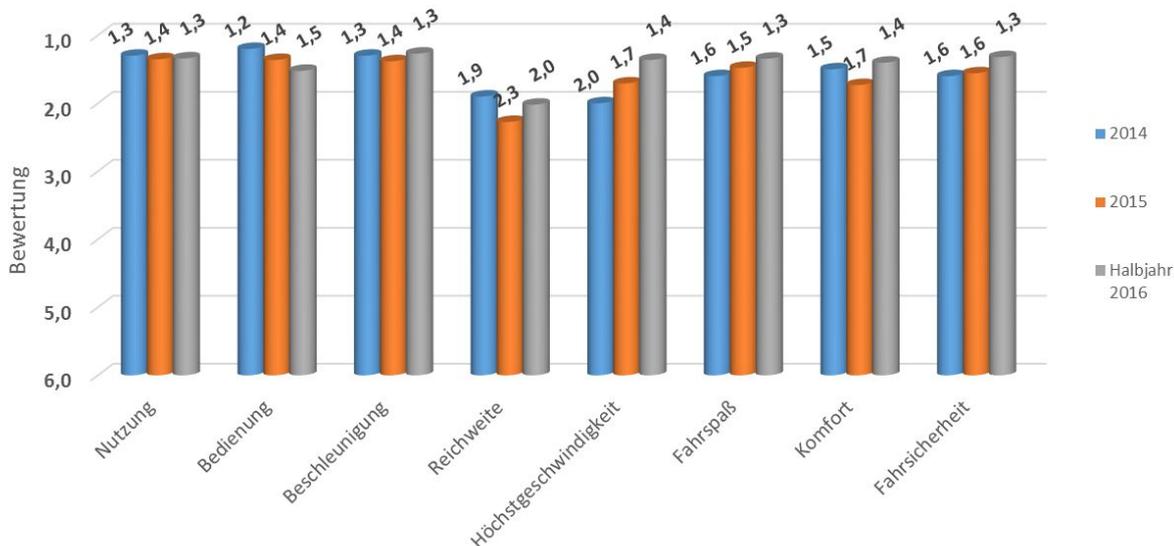


Abbildung 9 Benotung der Probefahrer nach Schulnoten

2.3.2 AP3.2 Start von Marketingmaßnahmen

Projektjahr 2016

Zur Steigerung der Bekanntheit der Elektrofahrzeuge wurden die nachfolgend aufgeführten Marketingmaßnahmen in der Projektlaufzeit durchgeführt:

Veranstaltungen und Messen:

2013	
Kickoff Schaufenster Elektromobilität Bayern Sachsen	05/2013
Flugplatzfest Thierfeld	15.06. – 16.06.2013
Solarwettbewerb in Chemnitz	29.06.2013
Tag der Sachsen	08.09.2013
Raab Karcher Dankfeier für Kunden	13.12.2013
2014	
Messe „Freizeit & Tourismus“ Zwickau	17.01. – 19.01.2014
Forum Mobile – Projektvorstellung	23.01.2014
Geraer Autofrühling	15.03. – 16.03.2014
Autosalon Chemnitz	21.03. – 23.03.2014
Lange Nacht der Technik	11.04.2014
Auerbacher Autofrühling	26.04.2014
Radler Sonntag Mülsen	11.05.2014
Solarwettbewerb in Chemnitz	28.06.2014
Elektromobilität & Carsharing in Plauen	09.07.2014
Veranstaltung in Meißen	11.07. – 13.07.2014
Sächsischer Verkehrssicherheitstag Sachsenring	27.07.2014
Energieeffizient in Plauen	25.09. – 27.09.2014
Woche der Elektromobilität ASD (Probefahrten, Veranstaltungen mit 180 Schülern, Vorträgen, Podiumsdiskussion und Familientag)	07.10. – 11.10.2014
Bahnhof Werdau	31.10.2014
2015	
Besuch von Studenten der KFZ-Technik	13.01.2015
HWK Chemnitz Elektromobilität	15.01.2015
Messe „Freizeit & Tourismus“ in Zwickau	16.01. – 18.01.2015
Tag der offenen Tür BA-Glauchau	07.04.2015
Tag der offenen Tür WHZ	18.04.2015
Erzgebirgischer Autofrühling Schneeberg	25.04.2015
Lipsa-e-motion	07.06.2015

Trabi Tour bei Autoservice Demmler	10.06.2015
Solariscup Netzschkau	13.06.2015
Radler Sonntag Mülsen	11.05.2015
Sächsischer Verkehrssicherheitstag Sachsenring	23.08.2015
Frankenberg Tage der Elektromobilität	12.09.2015
BA-Glauchau Tag der offenen Tür	12.09.2015
Stadtfest Werdau	18.09. – 20.09.2015
WHZ Prof. Bodach mit Studenten bei ASD	06.10.2015
2016	
Messe „Reise & Freizeit“ in Zwickau	15.01. – 17.01.2016
BA-Glauchau	05.03.2016
Autosalon Chemnitz	18.03. – 20.03.2016
HWK Kamenz	18.03. – 20.03.2016
New Mobility + Grünbach	12.04. – 13.04.2016
Ergebniskonferenz Leipzig	14.04. – 15.04.2016
Hochschultag WHZ Zwickau	16.04.2016
Lange Nacht der Technik	22.04.2016
Tage der Elektromobilität ASD	26.05. – 28.05.2016
Logistikkonferenz Jena	01.06. -02.06.2016
Umweltpreis des Handwerks	02.06.2016
Fachkonferenz in Berlin	05.06. – 07.06.2016

Tabelle 5 Veranstaltung und Messen

Veröffentlichungen:

2013	
Wochenspiegel	16.11.2013
Lokalanzeiger Blick	November 2013
Freie Presse	Dezember 2013
2014	
Blick Artikel WHZ „Elektroautos für Zwickau“	18.01.2014
Freie Presse „Technik elektrisiert Experten“	25.01.2014
Freie Presse „Landhotel macht Gäste mit Elektroauto mobil“	Februar 2014
Freie Presse „Frankenberg macht sich stark für mehr Elektromobilität“	15.05.2014
Blick Artikel WHZ „Ökostrom für Elektrofahrzeuge“	08.10.2014
Freie Presse „Elektromobilität: Grüner wird's nicht“	18.10.2014
Freie Presse „Eine Debatte voller Spannung“	18.10.2014

2015	
Zeitschrift Median	16.03.2015
Magazin Freie Werkstatt	September 2015
Freie Presse Lokal Werdau	September 2015
2016	
Werkstatt des Vertrauens	März – Juni 2016
Gebrauchtwagenpraxis	Juli 2016
Kfz-Betrieb	01.07.2016
Deutsche Handwerkskammer	15.07.2016

Tabelle 6 Veröffentlichungen

Tagungen und Workshops

2013	
Schaufenster Elektromobilität IKT an der TU in München	14.10.2013
Statustreffen Modellregion Elektromobilität Bayern, Teisnach	08.11.2013
Jahrestagung Schaufenster in Nürnberg	09.12. – 10.12.2013
2014	
Projekt ZEmO Vogtlandkreis Plauen	
Projekt ZEmO HWK Dresden (Smart Advisor)	
Projekt ZEmO EBZ Dresden (Smart Advisor)	
Ladesäuleninbetriebnahme Chemnitz	
EBZ Ladesäule	
Ladesäuleninbetriebnahme Zwickau	
Enertec Leipzig	
Wave Plauen	
Ladesäuleninbetriebnahme Ölsnitz/Vogt.	24.09.2014
Energiemanagement EBZ Dresden	05.11.2014
Jahrestagung Schaufenster	08.12. – 09.12.2014
2015	
Batterie Workshop	26.02.2015
EBZ Dresden	25.03.2015
Workshop BTU Cottbus Begleitforschung	20.04. - 21.04.2015
Workshop Elektromobilität der Zukunft Bayern Innovativ	19.05.2015
Elektromobilitätskonferenz der Bundesregierung Berlin	15.06. - 16.06.2015
Saena Speicher Praxisbeispiele	30.06.2015
Referent beim Smart Advisor Modul 10	25.09. + 26.09.2015
Workshop Ladeinfrastruktur Frankfurt	30.09.2015
Workshop Laden Frankfurt	01.10.2015
Besuch ECARTEC	21.10.2015
Statusseminar Garmisch	12.11. – 13.11.2015

2016	
EBZ Dresden	20.01.2016
Schaufenster E-Mob München	04.02. – 05.02.2016
BMVI Aachen	07.03. – 09.03.2016
New Mobility + Grünbach	12.04. – 13.04.2016
Ergebniskonferenz Leipzig	14.03. – 15.03.2016
Stammtisch Elektromobilität Leipzig	31.05.2016
Tage der Elektromobilität	26.05. – 27.05.2016
Logistikkonferenz Jena	01.06. – 02.06.2016
Umweltpreis des Handwerks	02.06.2016

Tabelle 7 Tagungen und Workshops

In der folgenden Abbildung 10 sind alle Marketingmaßnahmen zusammengefasst.

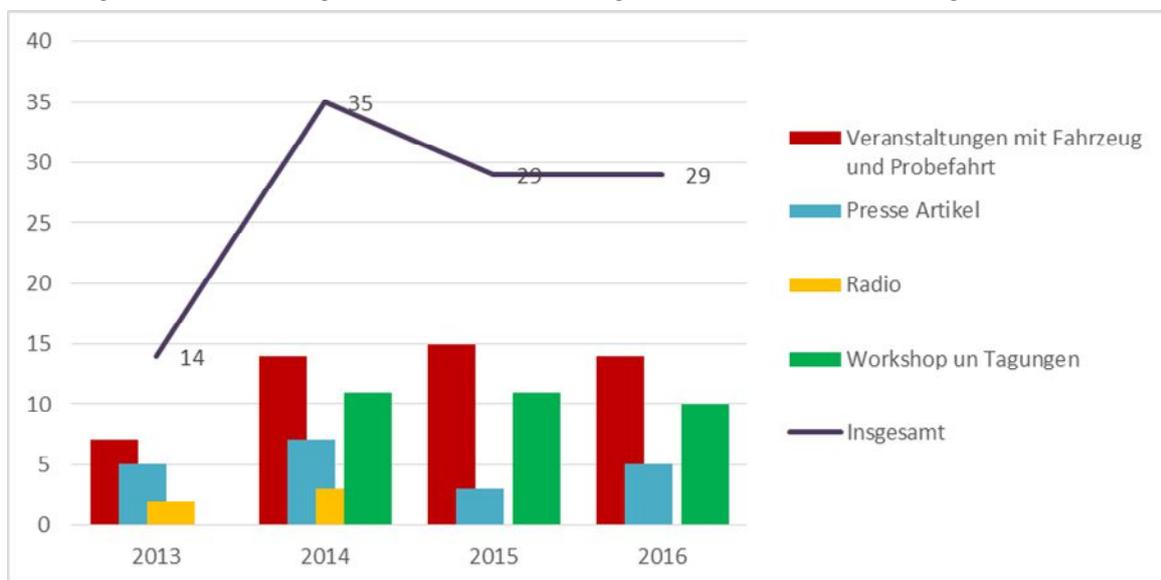


Abbildung 10 Marketingaktivitäten während des Projektes

2.3.3 AP3.3 Entwicklung geeigneter Geschäftsmodelle für „Carsharing“

Nach reiflicher Prüfung und einigen Gesprächen haben wir uns dazu entschieden, kein Carsharing Modell im klassischen Sinne anzubieten. Die Gründe für diese Entscheidung liegen im ländlichen Charakter unseres Standortes mit einer entsprechend weitläufigen Siedlungsstruktur. Aus unserer Sicht gibt es regional bedingt keine ausreichend großen Ballungsräume, in welchen sich eine wirtschaftliche Anzahl von möglichen Nutzern befindet. Diese Einschätzung wurde auch beim Carsharing Workshop in Berlin von der Aussage gestützt, dass Carsharing in Kommunen mit weniger als 350.000 Einwohner nicht wirtschaftlich funktionieren kann.

Für den ländlichen Raum mit seiner Wohnraum- und Arbeitsweg-Struktur hat sich das Konzept der Vermietung bewährt. Dabei ist unsere Vermietung von einer hohen Flexibilität geprägt, d.h. Mietdauer und auch Fahrzeugtyp können, falls die Fahrzeuge verfügbar sind,

schnell gewechselt werden. Im Bedarfsfall kann auch auf Verbrennerfahrzeuge wie Kleinbusse und Transporter zurückgegriffen werden.

2.4 AP4 Schaffung der baulichen Voraussetzungen für Einbindung weitere regenerativer Erzeuger und Ladepunkte

Auszug Projektjahr 2014

Auf dem Außengelände des Autoservice Demmler wurde 2014 die Abstellfläche für die Elektrofahrzeuge und die Zufahrt fertiggestellt (Abb. 11).



Abbildung 11 Fahrzeugflotte auf neuen Stellplatz mit Ladesäulen

Im Zuge der Baumaßnahme wurden zunächst Kabelrohre von der Zentralverteilung zu den Ladesäulen, dem neuen Netzanschluss und dem Cellcube Speichersystem gelegt. In diese Leerrohre wurden später die entsprechend benötigten Elektro- und Kommunikationsleitungen eingezogen werden. Weiterhin erfolgte die Errichtung des Betonfundamentes für das Speichersystem.

Weiterhin erfolgte die Errichtung einer weiteren PV-Anlage mit 30 kWp in Aufdachmontage bei gleichzeitiger Erneuerung der Dacheindeckung (Abb. 12).

Aufgrund der Erweiterungen im Betriebsnetz wurde die Zentralverteilung neu aufgebaut und der Netzanschluss erneuert (siehe AP 5.2).



Abbildung 12 Neu errichtete PV-Anlage (2014, 30 kWp)

Auszug Projektjahr 2015

Die geplanten Bauarbeiten wurden zum größten Teil bereits im Projektjahr 2014 abgeschlossen. Aufgrund der bereits hohen Durchdringung des Betriebsnetzes mit Photovoltaikenergie soll die Errichtung einer Kleinwindkraftanlage geprüft werden. Als möglicher Standort wurde der freie Platz zwischen dem Parkplatz mit Ladesäulen und dem Bachlauf gewählt. Für die Durchführung der Windmessungen wurden im Dezember 2015 die Bodenanker für den Windmessmast gesetzt. Die Errichtung und Inbetriebnahme des Windmessmastes erfolgte im Januar 2016, siehe Kapitel 2.5.3.

Im Luftbild (Abb. 13) ist der finale Stand vom Unternehmensgelände zu sehen.



Abbildung 13 Luftbild ASD

2.4.1 AP4.1 Kontaktaufnahme und Zusammenarbeit mit Architekten

Die Planung und Koordination der Baumaßnahmen erfolgte durch das Architekturbüro Gärtner, sodass die Rahmenbedingungen für die Baumaßnahmen und die erforderlichen Genehmigungen kurzfristig eingeholt werden konnten. Als kritisch wurden seitens der Behörden nur die neuen Zufahrten zum Gelände gesehen. Nach der Vorlage eines Gesamtkonzeptes wurde die Genehmigung zum Bau erteilt.

2.4.2 AP4.3 Realisierung des Energiespeichers und der Ladestationen für Elektrofahrzeuge

Die Auswahl des Energiespeichers erfolgt gemeinsam mit der WHZ (S. AP5.3). Die Entscheidung fiel auf ein Redox-Flow Speichersystem der Firma Gildemeister. Die baulichen Voraussetzungen wie Bodenplatte, Leerrohre und Verlegung der Anschlusskabel wurde bei der Erstellung der Abstellfläche gleich mit vorgesehen. Der Aufbau und der Anschluss des Speichers erfolgte gemeinsam mit den zuständigen Fachbetrieben.

Bei den Ladesäulen haben wir uns unter anderem aus Kostengründen für AC Ladesäulen entschieden. Die Ladesäulen wurden mit 2 x 32 A angeschlossen. Dabei hat eine Ladesäule 1 Ladepunkt 32 A Typ2, einen Ladepunkt 16 A Typ 2, zwei Ladepunkte mit Schutzsteckdose (Abb. 14). Mit dieser Konfiguration können vier Fahrzeuge gleichzeitig geladen werden. Dies hat den Vorteil, dass Fahrzeuge die für den Verkauf vorgesehen sind an der Schuko Steckdose der Ladesäule angeschlossen bleiben können, damit sich die Batterien bei langer Standzeit nicht tiefentladen. Nachdem die Auswahl der Ladesäule getroffen worden war, konnten die Säulen ohne großen Aufwand in die vorbereitete Parkfläche installiert werden.



Abbildung 14 Anschlüsse der verwendeten Ladestationen

2.5 AP5 Elektrisches Energieversorgungsnetz (Niederspannungsnetz) unter Einbeziehung regenerativer Energien für die Bereitstellung von Lademöglichkeiten

2.5.1 AP5.1 Aufnahme des Istzustandes des Energieversorgungsnetzes und Standortwahl der Lademöglichkeiten

Auszug Projektjahr 2013

Der derzeitige Istzustand des Energieversorgungsnetzes bei ASD ist schematisch in der Abbildung 15 dargestellt.

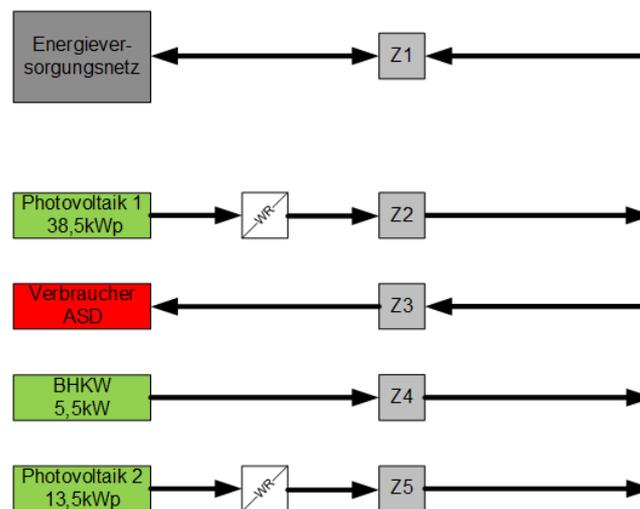


Abbildung 15 Istzustand Energieversorgung ASD

Die Energieversorgung besteht derzeit aus zwei Photovoltaikanlagen und einem Blockheizkraftwerk. Der gesamte Energieverbrauch belief sich auf 51.903 kWh. Davon wurden 22.665 kWh aus dem Energienetz bezogen, 20.860 kWh wurden vom BHKW erzeugt und 8.378 kWh von der Photovoltaikanlage 2. In das Energieversorgungsnetz wurden insgesamt 11.583 kWh eingespeist. Davon waren 8.933 kWh von dem BHKW und 2.650 kWh von der Photovoltaikanlage 2. Die Photovoltaikanlage 1 speist, aufgrund der noch rentablen Einspeisevergütung, komplett in das Energieversorgungsnetz ein und wird nicht für den Eigenverbrauch verwendet. Das BHKW hat einen Gasenergieverbrauch von 116.147 kWh jährlich.

2.5.2 AP5.2 Integration der Ladesäulen für Normal- und Schnellladung

Auszug Projektjahr 2014

Für den Betrieb einer Elektrotankstelle auf dem Gelände des AS Demmler musste das Betriebsnetz entsprechend den folgenden Anforderungen umgebaut werden:

- Erweiterung der Ladeinfrastruktur auf 5 Ladesäulen mit je 40 kW

- Integration Energiespeichersystem Cellcube (130 kWh)
- Integration zukünftiger regenerativer Energieträger wie Windkraft- und Photovoltaikanlagen
- manueller Inselnetzbetrieb

Die Projektierung des neuen Betriebsnetzes erfolgte in enger Absprache mit dem lokalen Energieversorger EnviaM und dem beauftragten Elektroinstallateur. Aufgrund des gestiegenen Energiebedarfes wurde ein neuer Stromanschluss gelegt und mit einem Wandler- Energiezähler versehen. Unter Berücksichtigung der oben genannten Anforderungen wurde das Betriebsnetz wie folgt neu aufgebaut (Abb. 16).

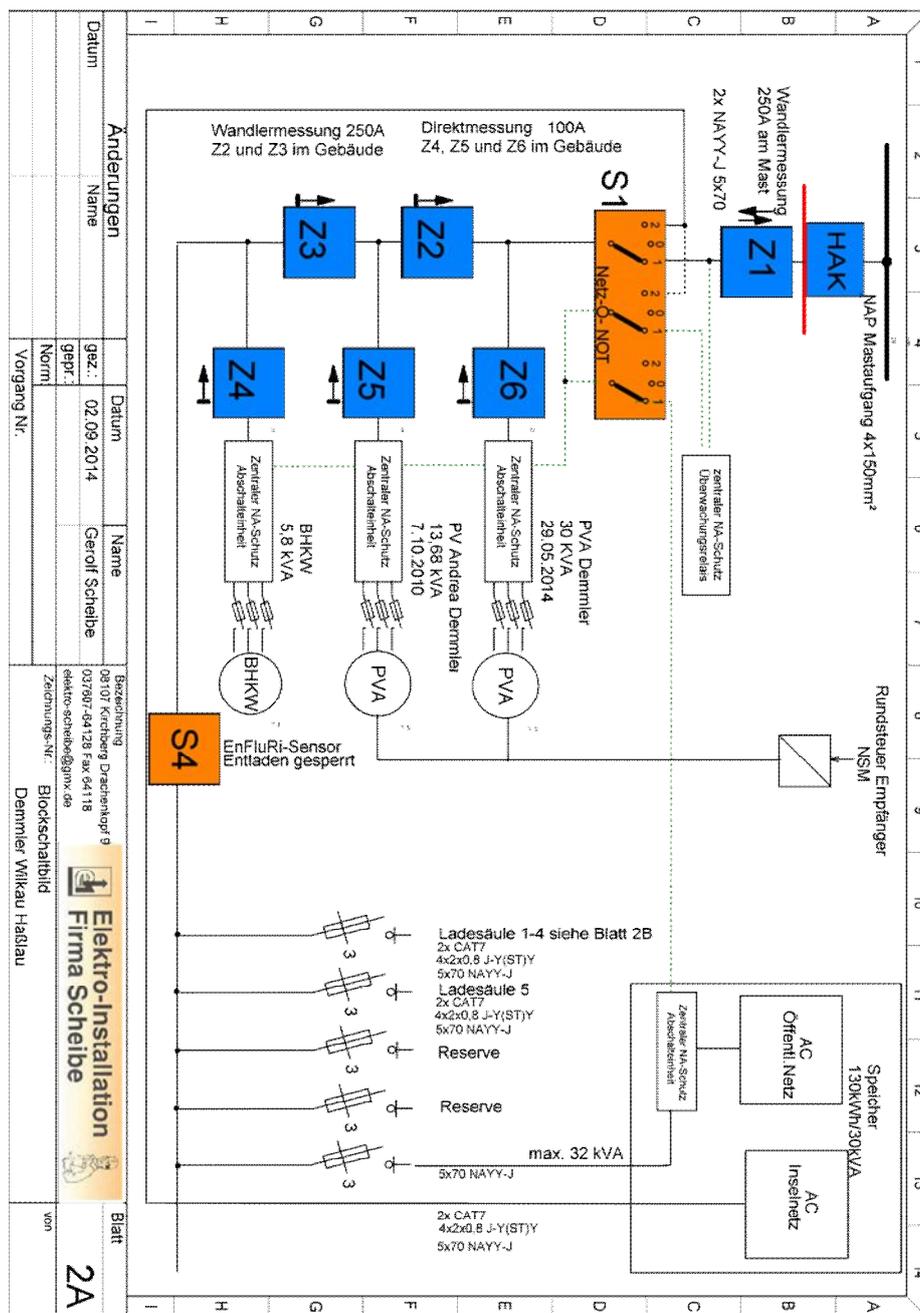


Abbildung 16 Anschlussplan AS Demmler

Auf dem Gelände des Autoservice Demmler wurden 2014 insgesamt 5 Ladesäulen ECOLECTRA 320 der Firma Walther aufgestellt und in Betrieb genommen. Die Energieversorgung der Ladesäulen erfolgt über den zentralen Verteiler (siehe Anschlussplan). Jede Ladesäule ist mit 4 Ladepunkten ausgestattet und ermöglicht ein paralleles Laden mehrerer Fahrzeuge. Die Ladepunkte 1 und 3 ermöglichen eine 3-phasige Schnellladung der Fahrzeuge über den Stecker IEC Typ 2 mit einem max. Ladestrom von 32 A (max. 22 kW Ladeleistung). Aufgrund des max. Anschlussstromes von 63 A pro Ladesäule wurde der Ladestrom von Ladepunkt 3 dauerhaft auf 16 A (max. 11 kW Ladeleistung) begrenzt. Die Ladepunkte 2 und 4 sind mit Schuko Steckdosen ausgerüstet und ermöglichen einphasiges Laden mit bis zu 16 A (max. 3,7 kW). Die einzelnen Ladevorgänge werden über RFID Medien (Karte oder Schlüsselanhänger) freigeschaltet. Die Ladesäulen arbeiten derzeit im Stand-Alone Betrieb und können je 60 RFID Medien verwalten.

2.5.3 AP5.3 Entwicklung einer Elektrotankstelle mit einem Energiespeichersystem am Standort Autoservice Demmler mit der Integration regenerativer Energien (PV-Anlage vorhanden)

Auszug Projektjahr 2013 / 2014

Für die Wahl des passenden Energiespeichers wurden verschiedene Technologien recherchiert und bewertet. Aufgrund der technischen Daten, Förderungsmöglichkeiten und der Vor- und Nachteile wurden zwei Speichertechnologien für den möglichen Einsatz im ASD selektiert. Es handelt sich hierbei um die Redox Flow und Lithium Speichertechnologie. Derzeit existieren wenige Hersteller für die Redox Flow Batterie. Im Endeffekt haben von neun kontaktierten Herstellern zwei ein Angebot für den Speicher abgegeben. Zum einen die Firma Gildemeister mit einem Komplettsystem und die Firma H2, Inc mit einem Speicher ohne Steuerung. Ebenfalls erfolgte ein entsprechendes Angebot für ein Komplettsystem der Lithiumtechnologie. Für die Gegenüberstellung sind in der nachfolgenden Tabelle 8 die technischen Daten der Speichertechnologien von den gewählten Herstellern gegenübergestellt.

	CellCube FB 30-130	H2 VRFB 30-130	EES 130
Wirkungsgrad	80%	80%	96%
Systemwirkungsgrad	(60%-75%) ~75%	~70%	87%-92%
Ladezyklen	>10.000	20.000	>5.000
Lebensdauer	20 Jahre	20 Jahre	20 Jahre
Nennspannung DC	48V (39V-64V)	48V or 288V	96V
Entladetiefe	Bis 100%	Bis 100%	70%
Selbstentladung	<1% im Jahr	1-2% im Monat	1-2% im Monat
Standby	150W	k.A	k.A.
Nutzbare Kapazität	130kWh	130kWh	91kWh

Tabelle 8 Technischer Vergleich Speichersysteme

Ein weiteres Kriterium für die endgültige Wahl der passenden Speichertechnologie ist auch hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit zu treffen, dass in enger Zusammenarbeit mit dem ASD erfolgte.

In der Abbildung 17 sind die Kosten je kWh für die verschiedenen Speichersysteme dargestellt. Weiterhin ist die Strompreiserhöhung für die nächsten 20 Jahre aufgeführt. Dabei wird angenommen, dass der Strompreis jährlich um sechs Prozent steigt. Die durchschnittliche Strompreiserhöhung der letzten 13 Jahre lag durchschnittlich bei 5,7 Prozent. Die Erhebungen sind vorläufige Näherungen, da sich die Anschaffungskosten durchaus noch ändern können.

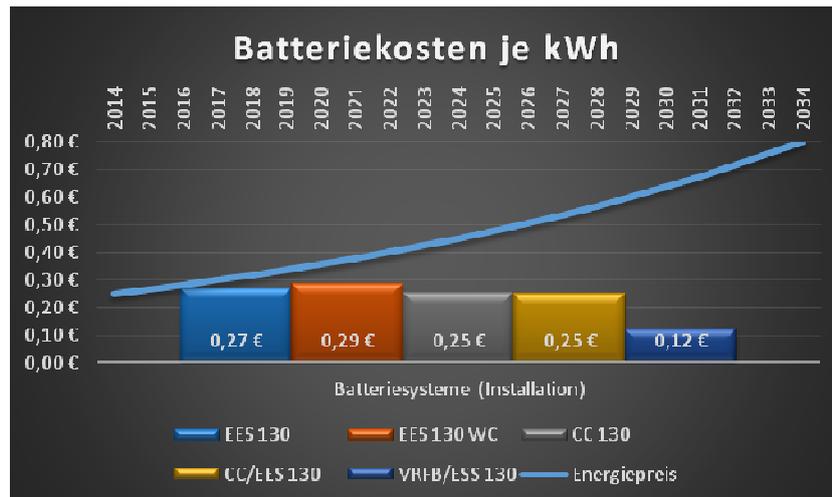


Abbildung 17 Batteriekosten je kWh

Grundlegend ist zu erkennen, dass die Redox Flow Technologie von den Batteriekosten je kWh her geringer ist als die Lithiumtechnologie. Dies lässt sich mit der hohen Anzahl der Zyklen erklären.

In der folgenden Abbildung 18 ist die Einsparung über 20 Jahre in abhängig vom Speichersystem dargestellt, wenn die erzeugte regenerative Energie selbst verbraucht und nicht eingespeist wird. In diesem Szenario wird eine Förderung des Batteriesystems von 25%, einen Eigenverbrauch von 100% und eine Strompreiserhöhung von 6% angenommen. Weiterhin wird die Einspeisevergütung vernachlässigt.

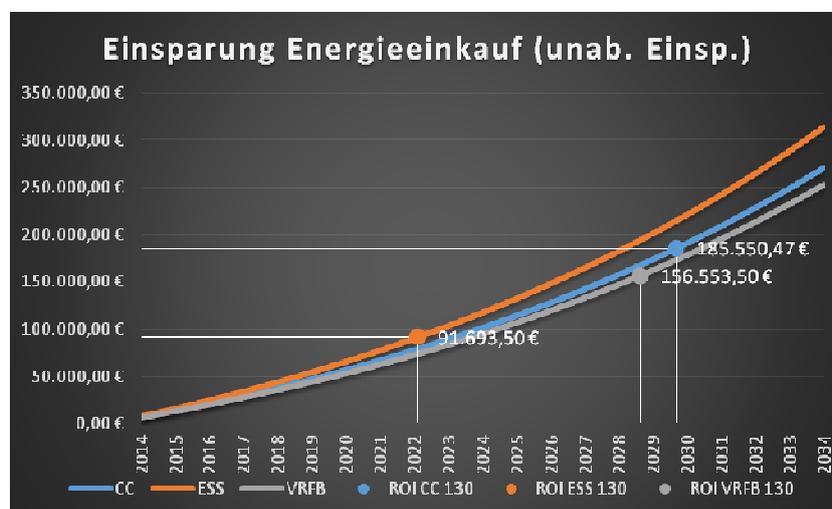


Abbildung 18 Einsparung Energieeinkauf

Die Lieferung und Inbetriebnahme des Cellcube Speichersystems erfolgte im August 2014. Im Dezember 2014 konnten erste Versuchsreihen mit dem Speichersystem aufgenommen werden (Abb. 19).



Abbildung 19 Ladesäule mit Energiespeichersystem

Auszug Projektjahr 2015

Für die energetische Betrachtung des Betriebsnetzes wurden die Zählerstände vom 31.12.2014 und 31.12.2015 sowie internen Zähler der Zentralsteuerung betrachtet. Im Projektjahr 2015 wurden im Betriebsnetz ASD 93.256 kWh Energie umgesetzt (Abb. 20). Der größte Anteil (über 80%) stammte aus betriebseigenen Energielieferanten, wie den PV-Anlagen PVA und PVB, dem BHKW und dem Speichersystem, sodass lediglich 18.002 kWh aus dem Energieversorgungsnetz bezogen werden mussten. Dabei wurde etwas mehr als die Hälfte der Energie in der Werkstatt des ASD benötigt. Die übrige Energie wurde etwa zu gleichen Anteilen in das Speichersystem, die Ladesäulen und das Energieversorgungsnetz gespeist.

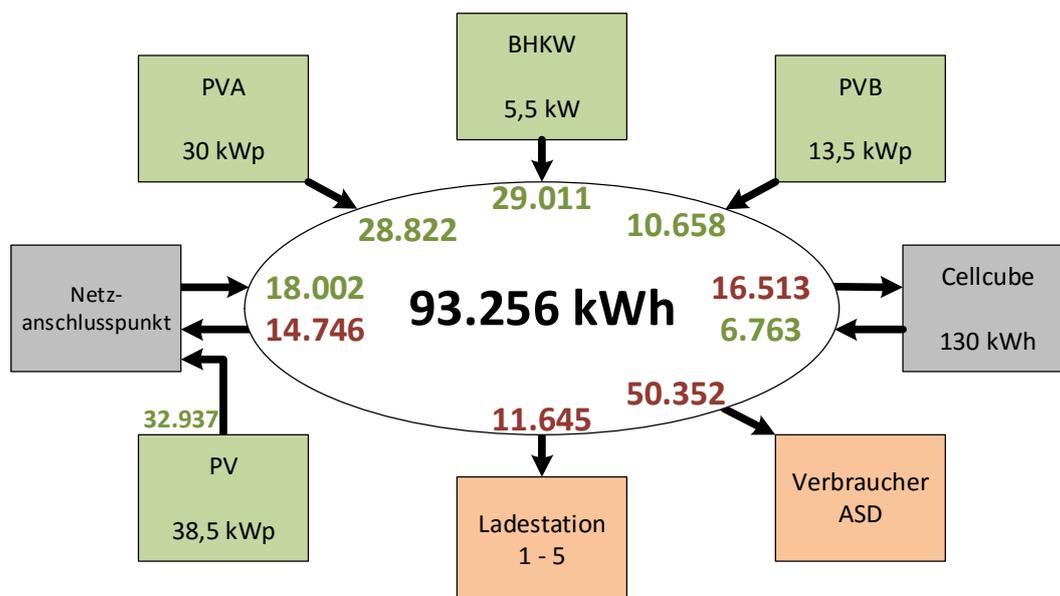


Abbildung 20 Schema zur Energiebilanz ASD

Um den externen Energiebezug weiter zu verringern, müsste ein weiterer Einspeiser (BHKW oder Windkraftanlage) im Betriebsnetz installiert werden. Auch sollte der zusätzliche Einspeiser keine weitere PV Anlage sein, da es bereits im bestehenden Netz an

sonnenreichen Tagen zu einem Energieüberschuss kommt, wodurch das Speichersystem innerhalb weniger Stunden vollständig aufgeladen ist. Daher würde es auch keinen Vorteil bringen, die dritte PV Anlage mit 38,5 kWp Systemleistung zusätzlich ins Betriebsnetz einzubinden. Eine weitere Stellmöglichkeit besteht in der Steigerung der Energieeffizienz und des Wirkungsgrad des Speichersystems. So wurden 2015 16.513 kWh Energie ins Speichersystem geladen wovon lediglich 6.763 wieder ausgespeist wurden. Dementsprechend lagen die Standby- und Wirkungsgradverluste des Systems bei knapp 10.000 kWh. Hier besteht seitens des Herstellers noch dringender Entwicklungs- und Verbesserungsbedarf.

Cellcube Speichersystem

Nach der Auswertung der Versuchsreihen von Dezember 2014 wurde der Hersteller mit den Ergebnissen aus dem „1. Zwischenbericht Vermessung Cellcube Speichersystem“ konfrontiert. Daraufhin konnten folgende Punkte in mehreren Projektbesprechungen mit Vertretern von Gildemeister Energy Solutions debattiert werden.

Technische Ansprechpunkte Cellcube:

- Inselnetzfähigkeit wird noch nicht unterstützt
 - Bei Inselnetzbetrieb müssen die Einspeiser (BHKW und wenigstens eine PV Anlage) in Betrieb bleiben um das Betriebsnetz zu stützen.
 - dreiphasiger Betrieb notwendig, P min. 15 kW
- Leistungsregelung des Cellcube reagiert in der Regel um 10 s verzögert
- Energieinhalt beträgt nur 87 kWh statt 130 kWh;
 - Energieinhalt 33% zu niedrig (eventuell SoC Grenzen anpassen)
- AC Wirkungsgrad liegt im Optimum derzeit bei 50%
 - nähere Untersuchungen notwendig
- Realer SoC fehlt → ggf. Umrechnung
- Hoher Standby-Verbrauch ca. 420 W statt 150 W → 280% höher.
 - Wahl von verschiedenen Betriebs-Modi: Hot-Standby (Stack A), Hot-Standby (Stack A & B), Cold-Standby.
- Notwendig wäre eine phasenspezifische Leistungsabgabe im Netzparallelbetrieb, da aufgrund der Teils einphasigen Verbraucher (Ladesäulen) einzelne Phasen stark belastet werden.
- Einsatz von Batteriewechselrichtern (Nedap etc.) mit DC Kopplung der PV Anlage um den Gesamtwirkungsgrad des Betriebsnetzes zu erhöhen.

Auf Grundlage dieses Projekttreffens wurden die dort präsentierten Ergebnisse nochmals von der Firma Gildemeister überprüft und folgende Modifikationen durchgeführt:

- Austausch der Stacks am 20.07.2015 durch Techniker des Herstellers (Abb. 21)
- neue Modbus Spezifikationen verfügbar ab 12.10.2015:

- 3 Betriebsmodi (Schnell, Normal, Effizient)
- Erzeugung von Blindleistung einstellbar
- Softwareseitiger Systemstart und –stop
- Lade- und Entladegrenze einstellbar
- Status- und Sicherheitsparameter



Abbildung 21 Austausch der Stacks beim Speichersystem

Projektjahr 2016

In Projektjahr 2016 wurden verschiedene Softwaremodifikationen am Speichersystem und der Zentralsteuerung vorgenommen. Der Fokus lag hierbei bei der Optimierung des Systemwirkungsgrades und der effizienten Nutzung des Systems im Betriebsnetz. Des Weiteren erfolgte Anfang 2016 (KW 5) eine erweiterte Jahreswartung mit einem teilweisen Austausch des Elektrolyten. Zur qualitativen Bewertung der vorgenommenen Verbesserungsmaßnahmen wurden verschiedene Funktionstests und Messreihen durchgeführt und die Ergebnisse mit dem Hersteller diskutiert:

- Steigerung des Gesamtwirkungsgrades um 10 %
- Verringerung des Standby-Verbrauches um 25 % durch zusätzliche Betriebsmodi
- Verringerung des nutzbaren Energieinhaltes auf ca. 83 kWh

Die folgenden Kritikpunkte wurden in Zusammenarbeit mit dem Hersteller erfolgreich bearbeitet:

- Erhöhung des nutzbaren Energieinhaltes auf 100 kWh
- Korrektur der DC Messwerte
- Überprüfung der Unstimmigkeiten im Betriebsverhalten
- Beseitigung der regelmäßigen Fehlermeldungen

Durch die Verbesserungen arbeitet das Redox-Flow Speichersystem nun zufriedenstellend und zeigt systemtypische Werte und Wirkungsgrade.

Für das erste Halbjahr 2016 konnte mithilfe der Zählerstände vom 31.12.2015 und 30.06.2016 sowie internen Zählern der Zentralsteuerung die in der nachfolgenden Abbildung dargestellte Energiebilanz erstellt werden:

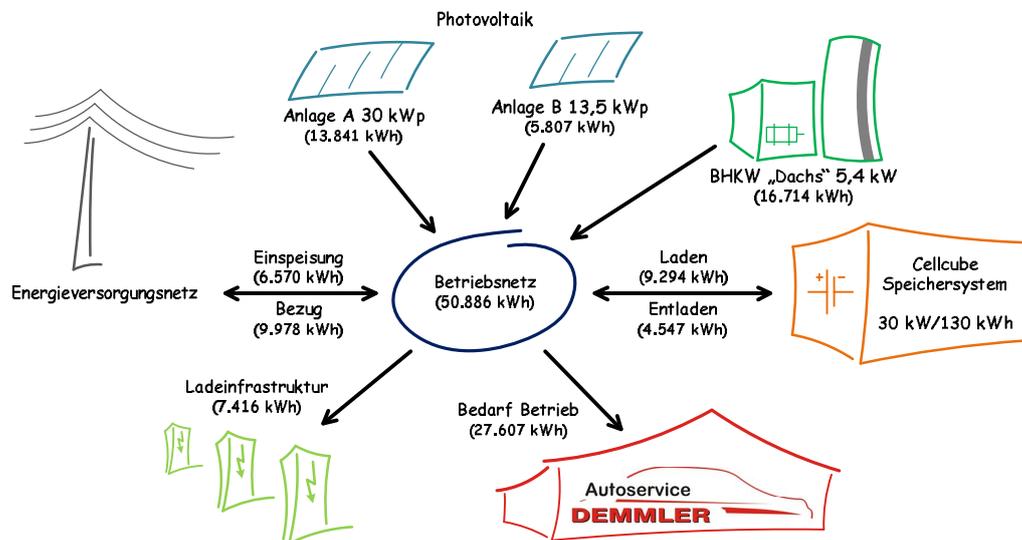


Abbildung 22 Energiebilanz erstes Halbjahr 2016

Der Gesamtumsatz im Betriebsnetz ASD lag im ersten Halbjahr bei 50.886 kWh Energie (Abb. 22). Der größte Anteil (80%) stammte aus betriebseigenen Energielieferanten, wie den PV-Anlagen PVA und PVB, dem BHKW und dem Speichersystem, sodass lediglich 9.978 kWh aus dem Energieversorgungsnetz bezogen werden mussten. Mehr als die Hälfte der Energie im Betriebsnetz wurde in der Werkstatt (27.607 kWh) des ASD benötigt. Die übrige Energie wurde in das Speichersystem (9.294 kWh), die Ladesäulen (7.416 kWh) und das Energieversorgungsnetz (6.570 kWh) gespeist. Im Vergleich zum Vorjahr erhöhten sich der Energiebedarf der Ladeinfrastruktur sowie die Energieausspeisung des Speichersystems. Der aktuelle Systemnutzungsgrad (inkl. aller Wirkungsgrad- und Standby-Verluste) liegt somit bei 49%.

2.5.4 AP5.4 Wissenschaftliche Untersuchung des Potenzials der vorhandenen Wasserkraftanlage

Auszug Projektjahr 2014

Für die Nutzung des Wasserkraftpotenzials müssen technische und rechtliche Bedingungen geprüft werden. Die baulichen Voraussetzungen wie Wassergraben, Wehranlage etc. sind in ausbaufähigen Zustand. Leider verfügt der Projektpartner ASD nicht über die entsprechenden Wasserrechte zum Betrieb einer Kleinstwasserkraftanlage. Daher wurde eine Übertragung bzw. Nutzung der Wasserrechte des benachbarten Grundeigentümers angestrebt. Leider konnte kein entsprechender Kompromiss gefunden werden.

Als Alternative wurde eine Untersuchung der Windkraftpotenziale am Standort ASD fokussiert. Insbesondere wird die Errichtung einer kleinen Windkraftanlage bis 10 m

Nabenhöhe untersucht. Hierzu wurde ein Windmessmast bei ASD aufgestellt und eine Langzeitmessung der Windverhältnisse durchgeführt.

Auszug Projektjahr 2015

Die Untersuchung der Windkraftpotenziale am besagten Standort wurde im Jahr 2015 in Angriff genommen. Dazu wurde zunächst ein Windmesssystem der Firma Vertikale Windkraftanlagen Hartmann erworben. Das Messsystem besteht aus einem 15 Meter hohen Aluminiummast, Datenlogger, Windrichtungs-/- sowie zwei Windgeschwindigkeitssensoren und ermöglicht eine kontinuierliche Aufzeichnung der Windgeschwindigkeiten (m/s) in 10m und 15m Höhe sowie die minütige Erfassung der Windrichtung (Grad) und der Temperatur am Standort. Das Datenloggersystem arbeitet dabei autark über Batterien, welche Langzeitmessungen von bis zu einem Jahr erlauben. Für einen stabilen Stand des Mastes ist dieser mit jeweils 3 Stahlseilen (120° versetzt) im mittleren sowie im oberen Bereich abgespannt.

Aufnahme und Auswertung der Messdaten

Die Aufnahmen der Messdaten erfolgt über einen Datenlogger, welcher im unteren Bereich des Mastes angebracht ist. Die Daten werden dort in einer Exportdatei gespeichert und können jederzeit abgerufen werden. Der Transfer aus dem Datenlogger erfolgt dabei über einen handelsüblichen USB-Stick. Die Exportdatei lässt sich über die mitgelieferte Software öffnen und auswerten. Die Software bietet einen schnellen Überblick über die generierten Messdaten und sonstigen Informationen. In den oben angeordneten Reitern kann der Verlauf einzelner Messdaten, wie Windgeschwindigkeit, -Richtung und Temperatur für bestimmte Zeiträume angezeigt werden. Weiterhin können noch die generierten Histogramme sowie die Batteriespannung abgerufen werden. Mithilfe der generierten Daten lässt sich eine Abschätzung zu möglichen Kleinwindkraftanlagen und deren Wirtschaftlichkeit aufstellen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Messdaten in ein CSV-Format zu exportieren, wodurch die Integration in eine SQL-basierte Datenbank möglich ist. Somit können die Daten auch anderweitig verwendet werden.

Projektjahr 2016

Die Errichtung und Inbetriebnahme des Messmastes konnte aufgrund von versicherungsrechtlichen Problemen erst im Januar 2016 auf dem Betriebsgelände des ASD erfolgen (Abb. 23). Seither erfolgt die kontinuierliche Aufzeichnung der Windgeschwindigkeiten (m/s) in 10m und 15m Höhe sowie die minütige Erfassung der Windrichtung (Grad) und der Temperatur am Standort. Für den Messzeitraum vom 13.01 bis 30.06. wurden die in Abbildung 24 dargestellten Windgeschwindigkeiten gemessen.

Wie gut zu erkennen ist, liegen die Windgeschwindigkeiten in 10 bzw. 15 Meter Höhe nahezu im gesamten Messzeitraum unter 1 m/s. Lediglich in den Wintermonaten konnten etwas erhöhte Windgeschwindigkeiten zwischen 3 und 4 m/s beobachtet werden. Die mittlere Windgeschwindigkeit liegt zwischen 0,63 und 0,72 m/s. Diese geringen Windgeschwindigkeiten reichen aus aktuellem Erkenntnisstand nicht aus, um eine

Kleinwindkraftanlage zu betreiben, da diese mittlere Windgeschwindigkeiten von mehr als 3-4 m/s benötigen.

Für eine statistisch gesicherte Aussage werden die Winddaten auch weiterhin für mindestens ein Jahr aufgezeichnet und entsprechend ausgewertet (Weibull Verteilung, Rayleigh).



Abbildung 23 Windmessmast auf dem Betriebsgelände des ASD

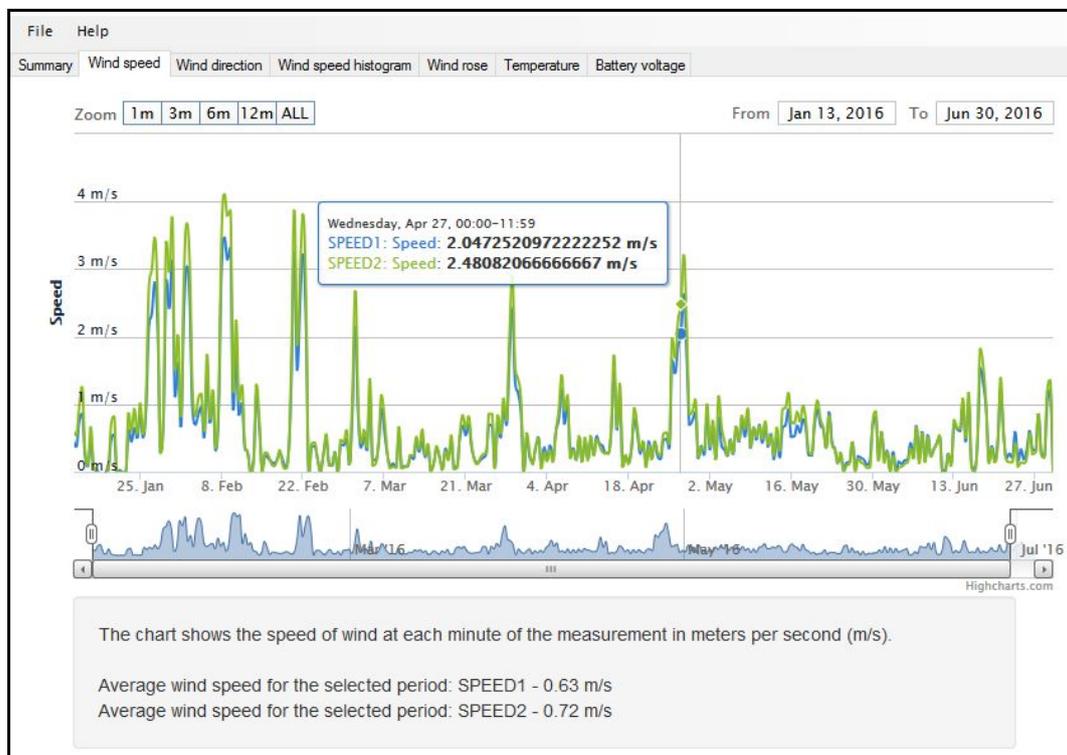


Abbildung 24 Ergebnisse der ersten Jahreshälfte 2016

2.6 AP6 Entwicklung des Mess- und Datenloggersystems für die Anwendung im Elektrostraßenfahrzeug sowie in den Ladepunkten

2.6.1 AP6.1 Hard- und softwareseitige Realisierung eines jeweils angepassten Messsystems für Elektrostraßenfahrzeuge sowie Ladepunkte

Auszug Projektjahr 2013

Konzipiert werden mussten zwei getrennte Systeme zur Erfassung fahrzeugrelevanter Daten, einerseits zur Ermittlung der Fahrtdaten: Höhenunterschied, Geschwindigkeit, Fahrtrouteninformation, Energieverbrauch für Fortbewegung und Komfort (Wärme, Frischluft, Sicht, Beleuchtung) und für die Ermittlung stationärer Daten zum Erfassen der Ladezeit, des Ladevolumens und dem somit ermittelbaren Gesamtfahrzeugverbrauchs inklusive entsprechender Ladeverluste.

Mit Auslieferung der ersten Fahrzeuge vom ASD an die WHZ als einen der ersten Kunden wurden verschiedene Messsystemarten der Fahrzeugmessung in Betracht gezogen. Zu Testzwecken wurden relevante Daten auf dem Fahrzeugleistungsprüfstand der Westsächsischen Hochschule direkt messtechnisch bestimmt. Letztlich müsste bei dieser Messvariante ein unumgänglicher Schutz vor unsachgemäßer Behandlung durch Fahrer und Insassen entwickelt und gewährleistet werden. Die derzeit benutzte Variante bedient sich der Daten, welche ohnehin vom Fahrzeug gemessen werden. Über eine Datenschnittstelle (Onboard Diagnose Schnittstelle des ersten Testfahrzeugs Citroen C Zero) werden vom Fahrzeug in kurzen Intervallen Fahrzeugdaten zur Verfügung gestellt, diese Daten werden von einem Empfangsgerät aufgezeichnet und von einem Datenlogger gespeichert. Folgende Übersicht zeigt den Weg der Aufnahmedaten.

Es werden folgende Informationen in Textdateien mit sekundlicher Aktualisierung abgelegt: Datum, Uhrzeit, Kilometerstand, Geschwindigkeit, Batteriespannung, Batteriestrom und Stromrichtung, Batteriespeicherstand, Restreichweite des Fahrzeugs und die Fahrpedalstellung. Mit einem 60 Sekunden Aufnahmeintervall werden die Temperatur und die Spannung der einzelnen Batteriezellen aufgenommen und somit der Datenspeicherung sowie der Auswertung bereitgestellt. Positions- und Höheninformation während der Fahrt werden durch das Messmodul selbst ermittelt und ebenfalls abgelegt (Abb. 25). Die Umsetzung des Messsystems erfolgte an einem C-Zero.

Als stationäres Messsystem zur Ladevorgangsbestimmung wurde ein autarkes, fahrzeugunabhängiges Messsystem aufgebaut, welches mit einem Zeitstempel versehen Strom, Wirk- und Blindleistung erfasst. An der WHZ wurden zwei stationäre Messsysteme angebracht. Um die Daten sicher speichern zu können, wurde ein Server an der WHZ in Raid5 Architektur aufgebaut, dafür wurde ein DELL PowerEdge R720xd benutzt.

Folgend wird kurz auf je eine statische Messung (Ladevorgang) und eine dynamische Messung (Fahrtdaten) aus den real aufgenommenen Daten eingegangen. Ladevorgang am C-Zero nach 58^okm gefahrener Strecke, welche mit voller Batterie begonnen wurde.

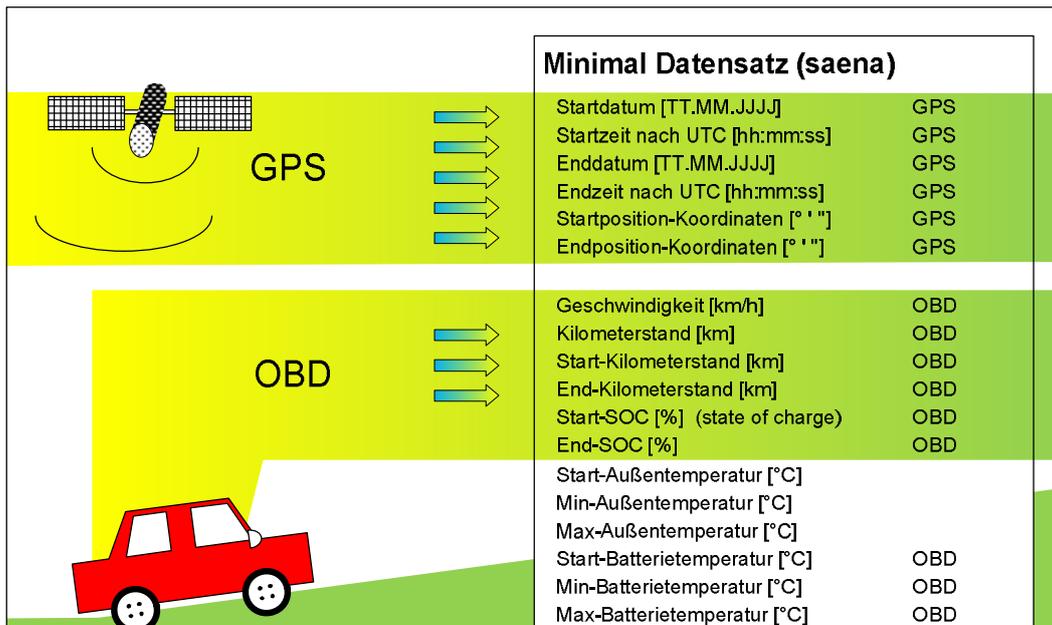


Abbildung 25 Weg der Aufnahmedaten

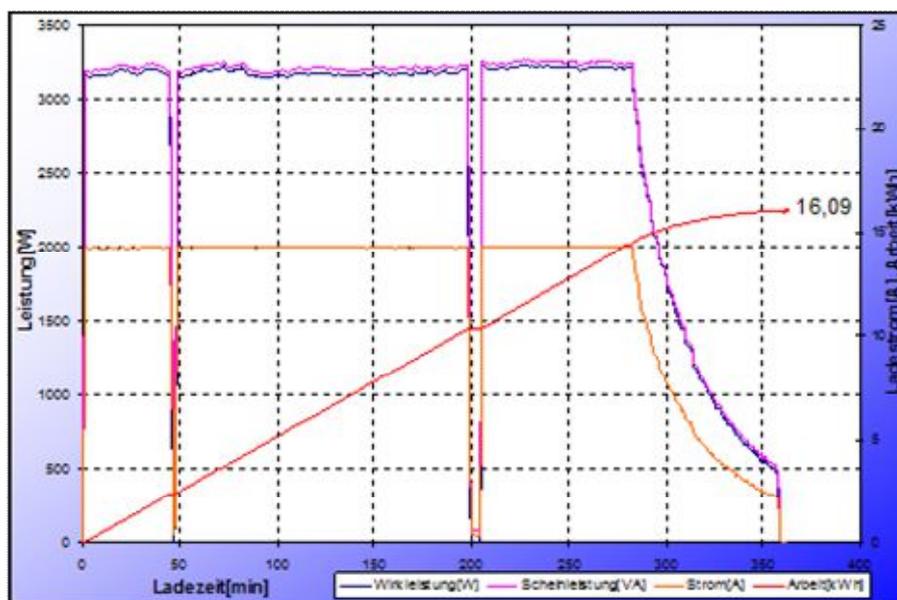


Abbildung 26 Ladevorgang des C-Zero

Nach Beendigung der Fahrt wurde die Batterie mit 16 kWh über einen Zeitraum von 6 Stunden wieder vollgeladen, dies entspricht einem Kostenanteil von 7,50€/100km (Abb. 26). Dynamische Fahrtdaten werden in folgenden Erläuterungen veranschaulicht dargestellt. Abbildung der Fahrtstrecke ist in Google Earth möglich. In Abbildung 27 sind Batteriespeicherzustand, Batteriespannung, Höhenverlauf und Geschwindigkeit an jeder Position der Fahrtstrecke abgebildet. Dabei ist gut das Wiederaufladen (Rekuperation) der Batterie bei langen Bergabfahrten zu erkennen, siehe Abschnitt zwischen Kilometer 13 und Kilometer 15.

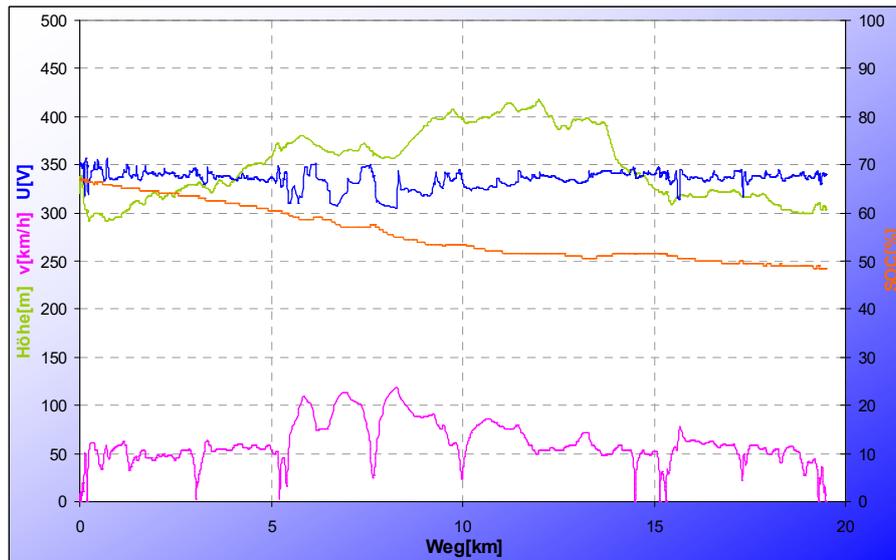


Abbildung 27 Aufnahmedaten: Testfahrt Zwickau

Mit Hilfe des aufgenommenen Stroms und den GPS Koordinaten lässt sich Abbildung 28 generieren. Dargestellt ist der Batteriestrom bei der Auffahrt auf eine Schnellstraße. Die Kreise geben an ob Strom aus der Batterie entnommen(rot) oder rückgespeist(grün) wird. Je größer der Strom in die jeweilige Richtung umso größer die abgebildeten Kreise.

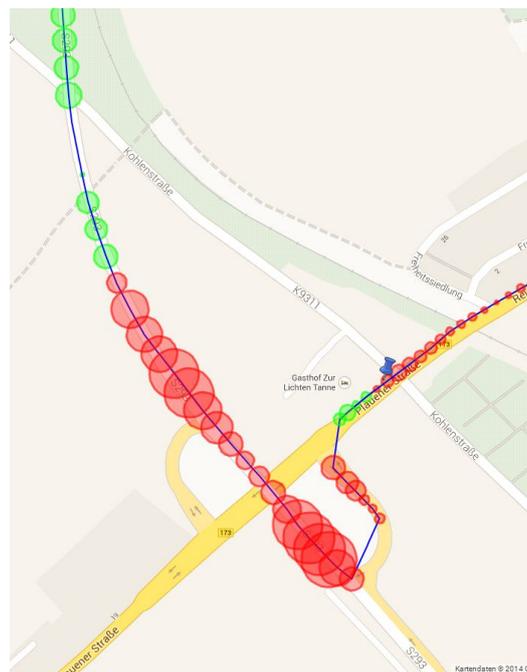


Abbildung 28 Schnellstraßenauffahrt

2.6.2 AP6.2 Messdatenerfassung und Messdatenspeicherung für E-Autos und Ladepunkte

Auszug Projektjahr 2014

Die Fahrdaten werden durch den Fahrzeug-CAN-Bus über einen OBD-Dongle in ein Smartphone, welches über eine App mit den Dongle kommuniziert, geschrieben. Die so erfassten Messwerte werden in der ersten Phase im internen Smartphone-Speicher abgelegt. Im Anschluss daran werden die Daten auf den WHZ Server der Professur hochgeladen. Dieses wurde in erster Linie über das Hochschuleigene Wifi-Netz realisiert. Damit dieser Transfer nicht während der Fahrt erfolgt, wurden Randbedingungen zur Übermittlung der Daten im Smartphone definiert (Tab. 9):

Arbeitsschritt	Variable	Bedingung
1	Zeit	zwischen 01:00 Uhr und 05:00 Uhr
2	Gebiet	Fahrzeug muss sich am Hochschulstandort befinden
3	Applikation	App Canion wird geschlossen
4	WLAN_ein	definiertes WLAN-Netz muss verfügbar sein und wird aktiviert
5	WLAN_aus	WLAN wird nach 05:00 Uhr deaktiviert

Tabelle 9 Randbedingungen Datenübermittlung

Wenn diese Bedingungen erfüllt sind, wird der Transfer der Daten realisiert. Hierzu wird ein Filehosting-Dienst (Dropbox), welcher einen Onlinespeicher zur Verfügung stellt, zur Hilfe genommen. Die dafür notwendige App überprüft das Zielverzeichnis auf neu erstellte Datensätze sobald das WLAN aktiviert wurde. Sind neue Dateien vorhanden, werden diese aus dem Zielverzeichnis in die Dropbox verschoben. Die genannte Vorgehensweise funktioniert dabei vollkommen eigenständig und bedarf keiner Bedienung des Smartphones. Diese Methodik wird bereits erfolgreich am WHZ Fahrzeug und einem ausgewählten Kundenfahrzeug erprobt. Dabei handelt es sich ebenfalls um ein Citroen C-Zero, wodurch Vergleiche zwischen den Fahrzeugen erfolgen können. Der Datentransfer wird hierbei nicht über WLAN sondern über das Mobilfunknetz realisiert.

Damit diese Daten für die spätere Auswertung zur Verfügung stehen, wurde eine Datenbank auf Basis von MySQL auf den WHZ Server der Professur erstellt. Damit ist eine anschließende Auswertung mit allen gewünschten Daten mit entsprechenden Zeit- und Fahrzeugbezug gegeben. Die Abfrage der Daten erfolgt über ein VBA Makro. Dieses greift auf den Dropboxordner zu und schreibt die Informationen über einen „Open Database Connectivity“ ODBC-Treiber in die Datenbank und ermöglicht somit eine spätere Auswertung der vorhandenen Daten. Der beschriebene Algorithmus wird in Abbildung 29 zusammengefasst und verdeutlicht.

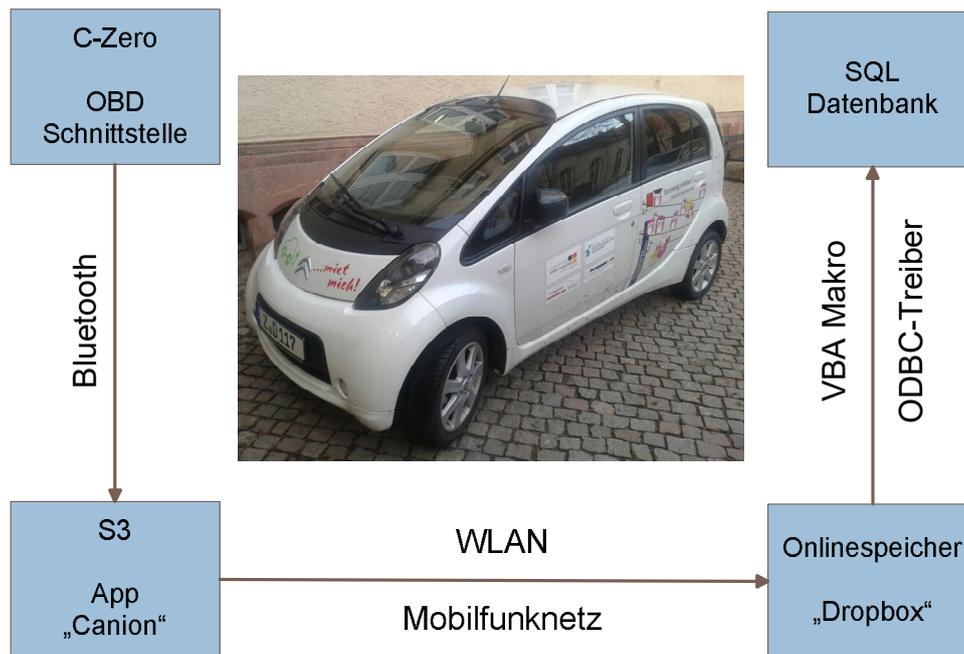


Abbildung 29 Schemata Datenübermittlung

Die verwendete App „Canion“ zeichnet die folgenden Fahrdaten sekundlich auf. Lediglich die Zellspannungen und –temperaturen werden im Minutentakt gemessen (Tab. 10).

Bezeichnung	Bedeutung	Messintervall
<i>FPS</i>	Anzahl Datenpakete	Sekunde
<i>ODO</i>	Kilometerstand	
<i>SPEED</i>	Geschwindigkeit	
<i>B_VOLT</i>	Spannung Batterie	
<i>B_AMP</i>	Strom Batterie	
<i>B_SOC</i>	SoC Batterie	
<i>RR</i>	Restreichweite	
<i>GPS_LAT</i>	GPS Koordinaten	
<i>GPS_LON</i>	GPS Koordinaten	
<i>GPS_SPEED</i>	GPS Geschwindigkeit	
<i>GPS_ALT</i>	GPS Höhe	
<i>BARO</i>	Luftdruck	
<i>ACCPEDAL</i>	Fahrpedalstellung	
<i>WH</i>	Verbrauch (Wh/km)	
<i>H_AMP</i>	Strom Heizung	Minute
<i>cell_temps</i>	Zelltemperatur	
<i>cell_volts</i>	Zellspannung (88x)	

Tabelle 10 Datenhistorie

Aufgrund der positiven Ergebnisse und der guten Kundenakzeptanz sollen künftig noch weitere Fahrzeuge mit dem Messsystem ausgerüstet werden.

2.6.3 AP6.3 Auswertung der gesamten Messdaten für E-Autos und Ladepunkte

Auszug Projektjahr 2014

Wie im vorhergehenden Punkt erwähnt, können die gesammelten Messdaten nach bestimmten Kriterien ausgewertet werden. Hierzu wird über den ODBC-Treiber auf die Datenbank mittels VBA-Makro zugegriffen und nach gewünschten Informationen durchsucht und gefiltert. Anschließend werden diese in einer Excel-Datei für weiterführende Untersuchungen zur Verfügung gestellt.

Für das Jahr 2014 konnten somit für das Hochschulfahrzeug sowie das ausgerüstete Kundenfahrzeug folgende Gesamtkilometer aufgezeichnet werden:

Hochschulfahrzeug	Z-D 117	1.446 km (seit 16.04.2014)
Kundenfahrzeug	Z-D 128	2.658 km (seit 11.09.2014)

Auszug Projektjahr 2015

Für die im Projekt aufgezeichneten Fahrdaten ist ein entsprechendes Auswertetool auf Basis von MS-Excel entstanden. Grundlage hierfür ist eine Verbindung zur Datenbank, welche über einen ODBC-Treiber realisiert wird. Dieser ermöglicht das Auslesen der Daten aus der Datenbank sowie das Löschen von fehlerhaften Datenbankinhalten. Die Benutzeroberfläche der Datenbankabfrage ist in 4 Bereiche unterteilt (Abb. 30). Im Bereich 1 wird eine der vier vorhandenen Zieldatenbanken ausgewählt. Zukünftig kann diese Auswahl für weitere Fahrzeuge beliebig erweitert werden. Daraufhin kann zwischen drei Suchkriterien gefiltert werden (Bereich 2 – 3). Wird einer der 3 Bereiche ausgewählt, werden die anderen beiden ausgeblendet, um eine Mehrfachauswahl zu verhindern.

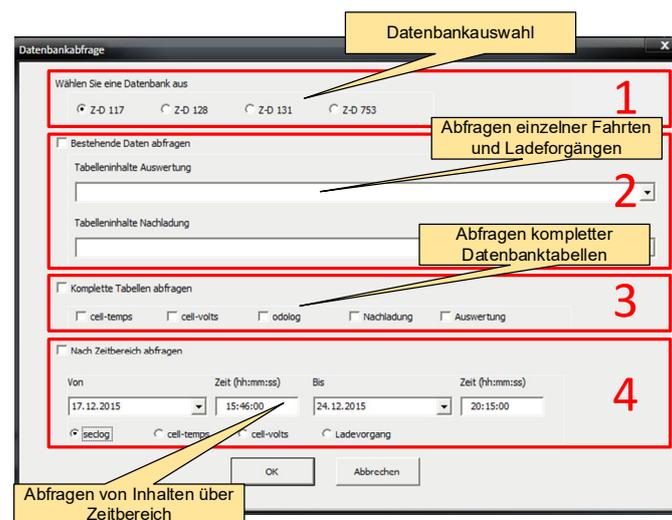


Abbildung 30 Benutzeroberfläche der Datenbankabfrage

Im Bereich 2 können vorhandene Messfahrten und Ladevorgänge ausgewählt werden. Diese werden beim Klicken auf den Haken „Bestehende Daten auswählen“ vorgeladen. Das heißt,

dass die beiden Tabellen im Hintergrund in eine normale Excel-Tabelle exportiert werden. Im Anschluss daran kann in den Auswahlboxen aus den vorhandenen Werten gewählt werden. Gestartet wird die Abfrage mit einem Klick auf „OK“. Im Anschluss daran wird die gewählte Fahrt geladen und ausgewertet. Zusätzlich wird in Form eines Informationsfensters nach einer grafischen Auswertung gefragt. Wird dies mit „JA“ bestätigt, erfolgt eine grafische Aufbereitung der gewählten Testfahrt, indem die GPS-Koordinaten in Abhängigkeit ihrer GPS-Höhe gefiltert und farblich in einer Grafik dargestellt werden (Abb. 31).

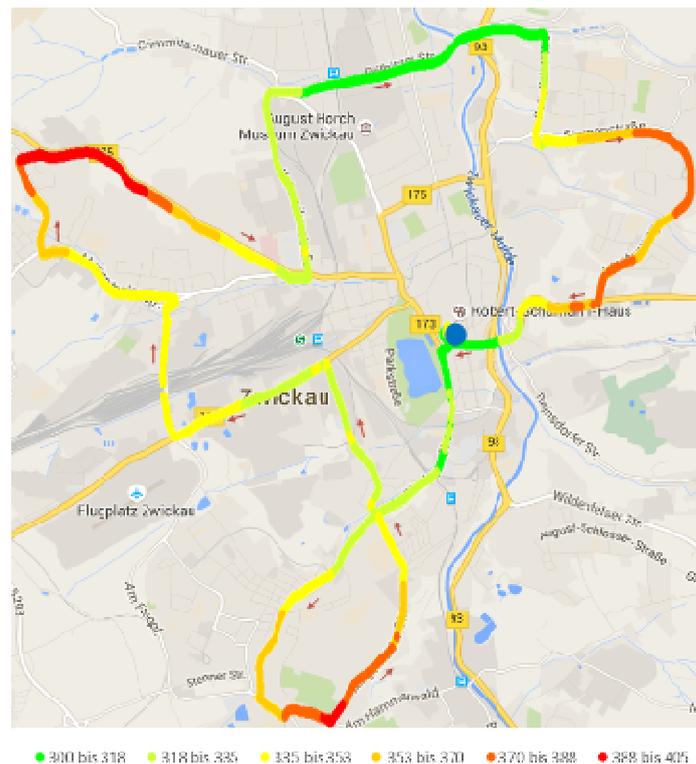


Abbildung 31 Messfahrt mit Höhenprofil

Bei der gezeigten Darstellung handelt es sich um eine Stadtfahrt in Zwickau. Durch die unterschiedliche Einfärbung der einzelnen Messpunkte lässt sich neben der Strecke auch das dazugehörige Höhenprofil nachvollziehen. Zusätzlich kann der Benutzer im Bereich 2 in der Auswahlbox „Tabelleninhalte Nachladung“ unter allen durchgeführten Nachladevorgängen wählen. Ist ein Vorgang ausgewählt, wird dieser ausgewertet und grafisch dargestellt. Durch die visuelle Unterstützung können beispielsweise Ladeausfälle detektiert werden.

Im Bereich 3 besteht die Möglichkeit zum Export des Datensatzes in eine entsprechende Excel-Tabelle. Eine Bearbeitung der geladenen Daten erfolgt hier explizit nicht, um dem Anwender eigene Auswertungen mit den Rohdaten zu ermöglichen.

Bereich 4 dient zur Suche von Datenbankinhalten durch einen zeitlichen Bereichsfilter. Hierzu kann ein Start- /und Enddatum sowie deren Uhrzeit definiert werden. Die Suchfunktion erfolgt dabei in der ausgewählten Tabelle, wobei eine Mehrfachauswahl erlaubt ist. Hierbei wird für jede Tabelle ein neues Tabellenblatt in der Export Excel-Tabelle erzeugt. Für die Untersuchung des Ladevorgangs des Versuchsfahrzeuges wurde zunächst die Traktionsbatterie definiert bis zu einen SoC von 12% entladen. Bei einem maximalen

Energieinhalt von 14 kWh für ein vollständig aufgeladenes Fahrzeug ergibt sich eine Differenz von 12,3 kWh für den Ladevorgang. Die Ergebnisse des Ladevorganges befinden sich in Abbildung 32.

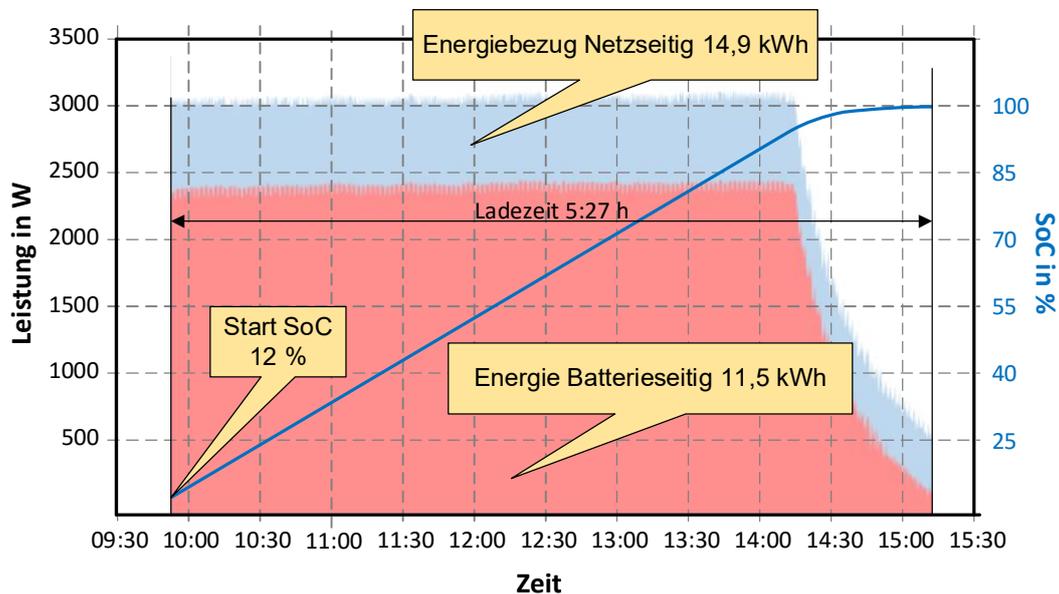


Abbildung 32 Ladewirkungsgrad

Die Grafik zeigt den großen Unterschied zwischen netzseitig bezogener und tatsächlich ins Fahrzeug geladener Energie, also die Ladeverluste. Von den netzseitig bezogenen 14,9 kWh werden lediglich 11,5 kWh in der Batterie gespeichert. Dies, entspricht einem Ladewirkungsgrad von 77%. Messungen aller aufgezeichneten Ladevorgänge bestätigen einen mittleren Ladewirkungsgrad von 80%. Das heißt, dass beim Laden des Fahrzeuges mit Ladeverlusten von ca. 20% zu rechnen ist. Ein Wert, welcher in der Literatur oder in Verkaufsprospekten für Elektrofahrzeuge nicht immer explizit erwähnt wird.

Für das Jahr 2015 konnten für das Hochschulfahrzeug sowie die ausgerüsteten Kundenfahrzeuge folgende Gesamtkilometer aufgezeichnet werden. Dabei standen die Logging-Möglichkeiten bei einigen Kunden und Fahrzeugen nur für einige Monate zur Verfügung.

Hochschulfahrzeug	Z-D 117	4.789 km (seit 16.04.2014)
Kundenfahrzeug	Z-D 128	3.513 km (seit 11.09.2014)
Kundenfahrzeug	Z-D 131	1.799 km (seit 21.04.2015)
Kundenfahrzeug	Z-D 753	753 km (seit 08.06.2015)

Projektjahr 2016

Im Jahr 2016 wurde der C-Zero Z-D 117 weiter von der Professur verwendet. Dabei wurde ein Großteil aller absolvierten Fahrten erfolgreich aufgezeichnet. Der Datentransfer blieb dabei im Vergleich zum Vorjahr unverändert. Das einpflegen in die SQL-Datenbank und die

damit einhergehende Auswertung wurde weiter optimiert. Auf die Weise sind bis heute über 13.000 Messkilometer aufgelaufen.

Hochschulfahrzeug	Z-D 117	6.801 km (seit 16.04.2014)
Kundenfahrzeug	Z-D 128	3.513 km (seit 11.09.2014)
Kundenfahrzeug	Z-D 131	1.832 km (seit 21.04.2015)
Kundenfahrzeug	Z-D 753	782 km (seit 08.06.2015)

Nach Projektende wird der C-Zero weiterhin von der Professur verwendet, sowie die Messdaten aufgezeichnet und ausgewertet.

2.7 AP7 Ableitung geeigneter Geschäftsmodelle und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für die Elektromobilität vor Ort

Auszug Projektjahr 2014 / 2015

Um die Elektromobilität besser in den Markt zu etablieren, bedarf es entsprechender Geschäftsmodelle, welche das wirtschaftliche Betreiben solcher Fahrzeuge für den Verkäufer und den Endkunden beschreibt. Hier muss jedoch unterschieden werden zwischen dem eigentlichen Projektzeitraum und dem Zeitraum nach Abschluss des Projektes. Im letztgenannten müssen alle Kosten vom Projektpartner ASD aufgenommen und getragen werden.

2.7.1 AP7.1 Geschäftsmodellentwicklung für eine Elektromobilität in enger Zusammenarbeit mit dem Projektpartner

Auszug Projektjahr 2014 / 2015

Ein Geschäftsmodell muss in erster Linie den eigentlichen Sinn und Zweck einer Idee auf eine übersichtliche Art und Weise darstellen. Hierbei soll vor allen die „Wie-“, „Was-“, „Wer-“ und „Wieviel-“ Fragen beantwortet werden. Eine Möglichkeit ist das sogenannte „Canvas“ Modell, welches diese Fragen auf einen Blick übersichtlich darstellt. Die Inhalte dieses Modells sind in Tab. 11 aufgelistet, wodurch sich die Projektidee mit allen Schlüsselementen einfach erklären lässt.

	Position	Beschreibung
Was	Kundenwert der Leistung	„Kaufe deine Mobilität“
Wie	Schlüssel-Partner	Firmen welche direkt und indirekt beteiligt sind
	Schlüssel-Aktivität	Projekttätigkeiten
	Schlüssel-Ressource	Welche Mittel werden benötigt
Wer	Kundenbeziehung	Wie können Kundenbindungen aufgebaut werden
	Kanäle	Über welche Verkaufsorgane wird der Kunde aufmerksam
	Kundensegment	Welche Personen sollen angesprochen werden
Wie Viel	Kosten-Struktur	Welche Kosten fallen im Projekt an
	Einzahlungs-Ströme	Welche Einnahmen stehen dem gegenüber

Tabelle 11 Inhalte des Canvas-Modell

Im Anschluss daran wurden mit dem Projektpartner alle Positionen projektspezifisch ausgefüllt und zum „Canvas“ Modell ergänzt (Abb. 33). Dabei steht das „Was“, also der

Kundenwert der Leistung welcher die Projektidee „Kaufe deine Mobilität“ mit allen Randparametern zeigt, im Mittelpunkt. Auf der linken und rechten Seite davon werden die Fragen „Wie“ und „Wer“ beantwortet. Das ganze wird gestützt von der finanziellen Frage „Wievie!“.

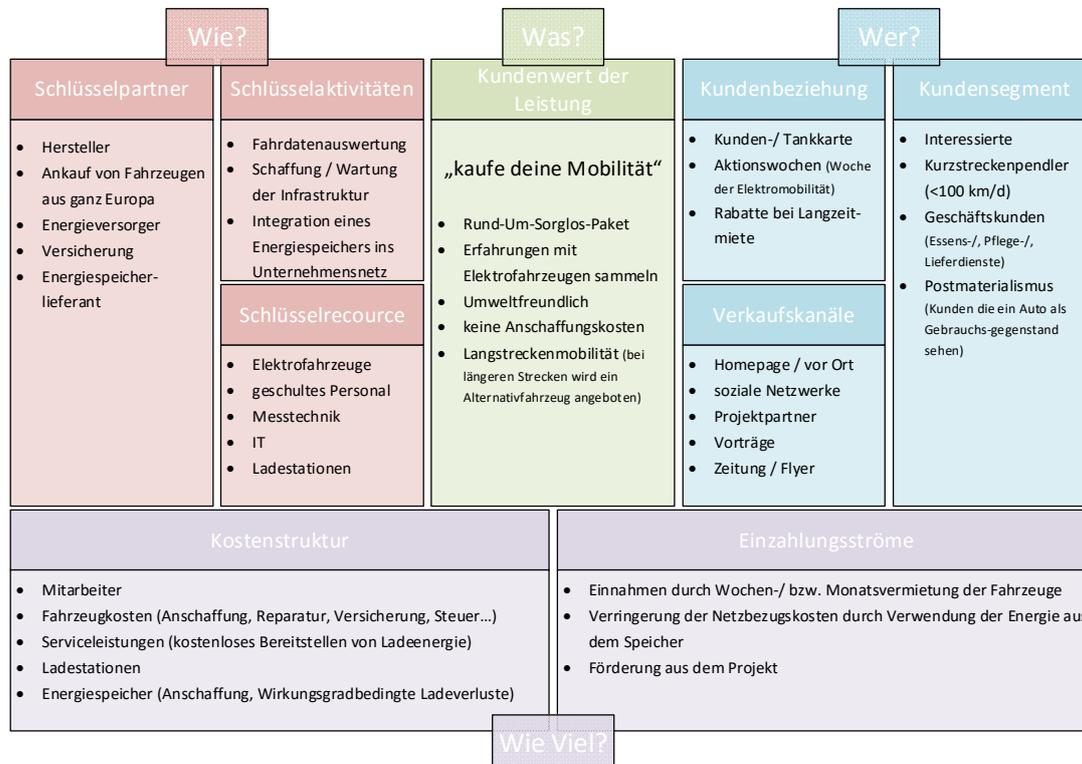


Abbildung 33 Canvas-Geschäftsmodell für das Projekt ZEmO

Wie bereits erwähnt, wurde das derzeitige Geschäftsmodell „Kaufe deine Mobilität“ auf diversen Veranstaltungen vorgestellt und mit positivem Feedback bestätigt.

2.7.2 AP7.2 Wirtschaftliche Geschäftsmodelle für den Betrieb der Ladepunkte (E-Tankstelle)

Auszug Projektjahr 2014

Wie bereits beschrieben, wurden beim Projektpartner ASD 5 Ladestationen installiert. Die Verwaltung bzw. Autorisierung der Ladevorgänge erfolgt über die RFID „Tankkarten“ der Nutzer. Nach Abschluss des Ladevorganges wird zu jedem Ladevorgang ein Datensatz gespeichert. Dies erlaubt eine genaue Abrechnung (pro kWh).

Derzeit dürfen alle Besitzer einer solchen Karte an den Ladesäulen kostenlos nachladen. In Zukunft, also mit steigender Nachfrage muss diese Dienstleistung entsprechend abgerechnet werden.

Um wirtschaftlich tragbare Tarife und Rabatte zu berechnen, muss zunächst das „Tankverhalten“ der Kunden mithilfe des Monitoring-Systems untersucht werden. Während dieser Zeit darf zu Werbezwecken kostenlos geladen werden.

Auszug Projektjahr 2015

Der Betrieb der Ladepunkte benötigte im Projektjahr 2015 11.645 kWh aus dem Betriebsnetz des ASD. Die dadurch entstehenden Energiekosten sind abhängig von dem geladenen Energiemix. Je nach Erzeuger errechnet sich der Arbeitspreis aus Vergütungssatz für Einspeisung und Eigenverbrauch nach Tabelle 12:

	Vergütungssatz bei Netz- einspeisung ct/kWh	Resultierender Vergütungssatz bei Eigenverbrauch ct/kWh	Gemittelter Arbeitspreis ct/kWh
PVA		0	12,79
bis 10 kW	12,34		
ab 10 kW	13,01		
PVB	32,39		15,07
bis 30%		20,39	
ab 30%		16,01	
BHKW	8,84	5,14	3,7
EVU	0		23
Energiemix (gleichverteilt)			13,64

Tabelle 12 Arbeitspreise

Da sich der Energiemix stetig ändert, können die genauen Kosten erst am Ende des Ladevorganges berechnet werden. Ein Preissignal von bspw. 13,7 ct/kWh lässt sich somit nicht für den gesamten Ladevorgang garantieren. Für die folgende Berechnung wurde der oben berechnete, fiktive Energiemix mit gleichverteilter Nutzung der Energiebezugsmöglichkeiten herangezogen. Um wirtschaftlich tragbare Tarife und Rabatte zu berechnen, müssen weiterhin Abschreibungs-, Anschaffungs- und Installationskosten wie folgt berücksichtigt werden (Tab. 13).

Position	Kosten Investition	Umgelegter Kostenanteil	Förderquote Investition	Abschreibung 10 a	
6 St. Ladesäulen	32.700 €	100%	32.700 €	-	3.270 €
Abstellfläche	93.095 €	33,3%	31.001 €	50%	1.550 €
Elektroinstallation	60.563 €	25%	15.141 €	-	1.514 €
Gesamtkosten					
	Abschreibung 10 a	Förderquote Abschreibung	Projektjahr 2015 (bei 11.645 kWh)	nach Projektende (bei 15.000 kWh)	nach Projektende (bei 30.000 kWh)
Ladesäulen	3.270 €	59%	1.929 €	3.270 €	3.270 €
Abstellfläche	1.550 €	-	1.550 €	1.550 €	1.550 €
Elektroinstallation	1.514 €	59%	893 €	1.514 €	1.514 €
Ladeenergie			1.588 €	2.046 €	4.092 €
Summe			5.960 €	8.380 €	10.426 €
Kosten / kWh			0,51 €/kWh	0,56 €/kWh	0,35 €/kWh

Tabelle 13 Kostenübersicht Ladesäule

Die drei genannten Kostenanteile sind mit unterschiedlichen Förderquoten behaftet, welche sich einerseits auf die Investition (50%) und andererseits auf die Abschreibung (59%) beziehen. Daher bilden sich die in der oberen Tabelle dargestellten Kostenpositionen aus.

Für die daraus resultierenden Gesamtkosten pro kWh muss daher zwischen Förderungszeitraum und dessen Ende unterschieden werden. Mit der im Jahr 2015 bereitgestellten Ladeenergie bilden sich daher Gesamtkosten von 0,51 €/kWh.

Für die Betrachtung nach Ende der Förderung wurden zwei mögliche Szenarien gewählt: Kostenentwicklung bei leichten und starken Anstieg des Ladebedarfs (Ladeenergie 15.000 kWh/a und 30.000 kWh/a). Als Ergebnis stellt sich eine Verringerung der Kosten pro kWh bei gleichzeitiger Erhöhung des Ladebedarfs ein, sodass ein Ladebedarf von über 30.000 kWh erstrebenswert ist. Die Abbildung 34 zeigt den genannten Abwärtstrend bei Erhöhung der jährlichen Ladeenergie für verschiedene Energiekosten: dem oben berechneten Energiemix (13,64 ct/kWh, grüne Linie) sowie der Bezugspreis EVU (23 ct/kWh, blaue Linie). Zukünftig wird sich der Energiemix-Preis anhand der Gewichtung von Erzeugungsanlagen sowie Energiebezug orientieren und entsprechend ändern.

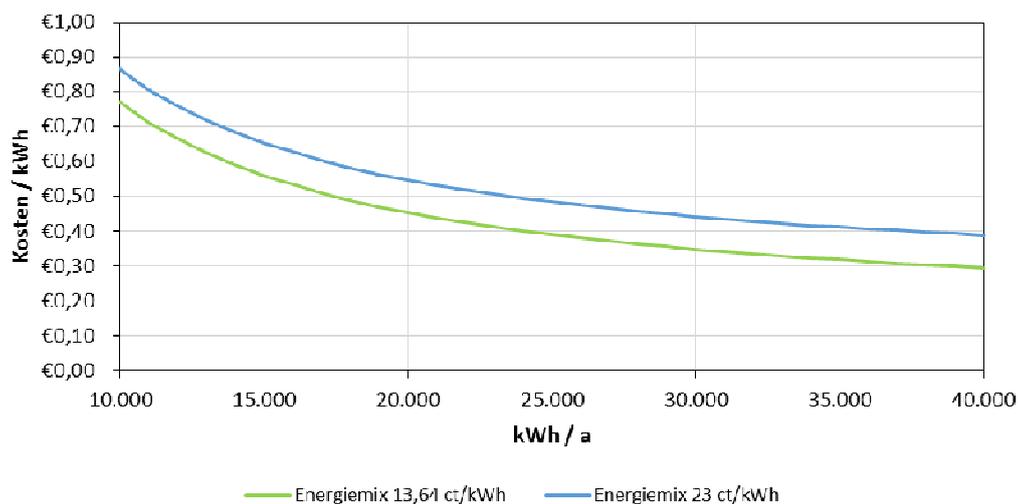


Abbildung 34 Kostenentwicklung bei Erhöhung der jährlichen Ladeenergie

Zukünftig müssen die genannten Kosten dem Kunden, welcher Nachladen möchte, in Rechnung gestellt werden. Dazu könnten folgende Tarife definiert werden:

Niedriger Tarif für Normalladung

Der Energiebezug erfolgt überwiegend aus den Photovoltaikanlagen und BHKW.

Es kann zu einer Drosselung der Ladeleistung (z.B auf 11 kW) bei zu hohem Energiebedarf erfolgen

Hoher Tarif für Schnellladung

Energiebezug auch aus öffentl. Energieversorgungsnetz und Speichersystem
Garantierte Schnellladung mit maximaler Leistung (bis 22 kW)

Flatrate Tarife für begrenzte Zeitspanne (Monat, Jahr)

Projektjahr 2016

Die im Jahr 2015 genannten Kalkulationen wurden weiter untersucht und vertieft. Dabei wurde in erster Linie der fixe mittlere Energiepreis von 13,64 ct/kWh näher betrachtet. Da dieser stark vom aktuellen Energiemix im Unternehmen abhängt, wurde dieser anhand der Messdaten des Jahres 2015 aufgetrennt. Die Abbildung 35 zeigt deutlich, dass dieser saisonalen Schwankungen unterliegt. Da PVA, PVB, BHKW und EVU mit unterschiedlichen Arbeitspreisen verbunden sind ergibt sich je nach Konstellation ein Mixpreis. Hier übt besonders das BHKW (grau) mit seinem mittleren Arbeitspreis von 3,7 ct/kWh großen Einfluss aus.

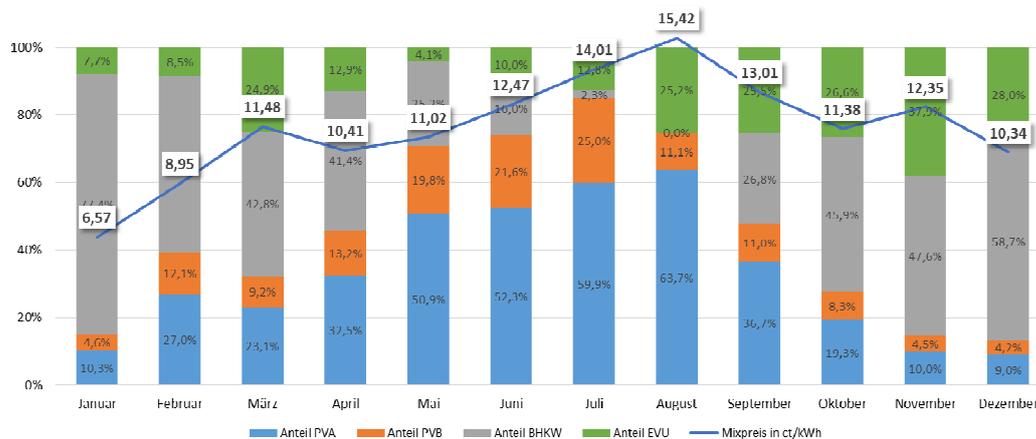


Abbildung 35 monatliche Energiekosten in Abhängigkeit der Erzeugungart

Daher ergibt sich für das Jahr 2015 ein mittlerer Preis von 11,5 ct/kWh. Dieser fließt in die nachfolgende Kalkulation ein (Tab. 14). Da im ersten Halbjahr 2016 an den Ladesäulen 7.416 kWh bezogen wurden wird für das gesamte Jahr eine Energiemenge von 15.000 kWh kalkuliert.

	Abschreibung 10 a	Gesamtkosten	
		Projektjahr 2015 (bei 11.645 kWh)	Projektjahr 2016 (ca. 15.000 kWh)
Ladesäulen	3.270 €	1.929 €	3.270 €
Abstellfläche	1.550 €	1.550 €	1.550 €
Elektroinstallation	1.514 €	893 €	1.514 €
Ladeenergie		1.588 €	1.718 €
Summe		5.960 €	8.052 €
Kosten / kWh		0,51 €/kWh	0,54 €/kWh

Tabelle 14 Ladekosten nach Projektende

Wie zu erkennen ist, haben sich die Kosten im Vergleich zum Jahr 2015, trotz des Wegfalls der Förderung, nur geringfügig geändert. Dennoch üben die Abschreibungen großen Einfluss auf die Kosten aus, wodurch sich diese pro kWh auf 54 ct belaufen.

Das im Projektzeitraum gedachte in Rechnung stellen der Ladeenergie für Kunden wird laut Aussage von ASD nicht umgesetzt. Es soll auch nach Projektende, aus Marketinggründen, für jeden das Nachladen kostenlos bleiben.

Die notwendigen Kenngrößen (Ladeenergie, Fahrzeug-ID, etc.) werden, wie im Abschnitt 2.5.2 erwähnt, erfasst und abgelegt. Sie werden zusammen mit den Ladekosten von 54 ct/kWh bei ASD im internen Rechnungswesen Berücksichtigung finden.

2.7.3 AP7.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für den Nutzer der E-Autos

Auszug Projektjahr 2014 / 2015

In diesem Abschnitt soll die Wirtschaftlichkeit aus Sicht des Kunden durchleuchtet werden. Der Projektpartner ASD legte zu Anfang des Projektes einen Mietpreis pro Monat von 250 € fest. Damit werden alle anfallen Kosten wie TÜV, Versicherung, Reparaturen oder ähnliches für das Fahrzeug gedeckt. Der Kunde bekommt demnach für 250 € ein „Rundum-sorglos-Paket“. Für die wirtschaftliche Betrachtung wird das Elektrofahrzeug mit einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor verglichen.

Dabei wird zwischen fixen und variablen Kosten unterschieden. Variable Kosten beziehen sich auf die gefahrenen Kilometer. Demnach sinkt dieser Kostenanteil bei steigender Kilometerfahrleistung. Die fixen Kosten sind in dem Fall die Mietkosten, welche sich auf den Nutzungszeitraum beziehen. Als Vergleichsfahrzeug wurde als Elektrofahrzeug der Citroen C-Zero und als Verbrennungsmotor ein VW Polo gewählt. Die monatliche Leasingrate für den VW Polo wurde in einem Leasingportal entsprechend der Fahrleistung und des Nutzungszeitraumes ermittelt.

Die beiden Fahrzeuge verfügen näherungsweise über die gleichen Außenmaße sowie Fahrleistungen. Der Verbrauch beläuft sich beim C-Zero auf 12,8 kWh. Der Polo ist mit 5 Litern Benzin auf 100 km angegeben. Diese Werte können je nach Fahrweise, örtlicher Gegebenheit und Witterung abweichen und dienen nur zum Vergleich beider Fahrzeuge. Desweiteren wurden als Betrachtungszeitraum 12 bzw. 24 Monate gewählt. Die Energiekosten wurden mit 0,28 €/kWh bzw. 1,60 €/l angesetzt.

In der Abbildung 36 ist zu erkennen, dass bei höherer Kilometerlaufleistung und 12 Monaten Laufzeit der C-Zero kostengünstiger ist als der Polo. Bei einer Laufzeit von 24 Monaten ist jedoch der Polo durchaus kostengünstiger. Diese Ergebnisse können sich je nach Verbrauch, Energiekosten und Leasingangebot entsprechen ändern.

Ein Vorteil für das Elektrofahrzeug, welchen die Grafik nicht zeigt, ist die Flexibilität, die der Kunde beim Projektpartner ASD hat. Er kann das Fahrzeug monatlich mieten und bei Bedarf ein anderes Elektrofahrzeug wählen. Des Weiteren besteht die Möglichkeit des kostenlosen Ladens auf dem Firmengelände von ASD.

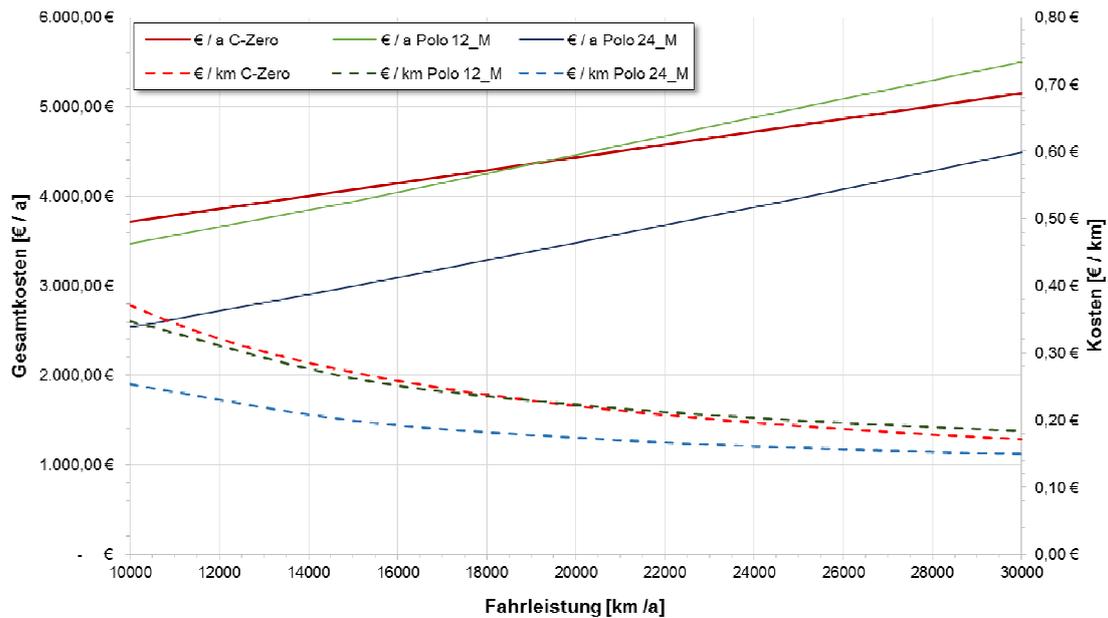


Abbildung 36 Kostenvergleich C-Zero und VW Polo

Projektjahr 2016

Wie bereits erwähnt, stellt das monatliche Mietmodell die kostengünstigere Variante für den Kunden dar. Der Mietpreis des C-Zero wurde nach Projektende von 250 auf 300 € erhöht. In diesem sind, bis auf die Energiekosten, alle anfallenden Betriebskosten enthalten. Hierzu zählen Versicherung, TÜV, Steuer und alle anfallenden Wartungen für defekte und verschlissene Teile. Mit diesem Geschäftsmodell bekommt der Kunde für 300 € ein „rundumsorglos-Paket“ bei denen keine anderweitigen Kosten hinzukommen. Diese stellen bei der Untersuchung die fixen Kosten dar.

Lediglich für das Nachladen des Elektrofahrzeuges muss der Kunde sorgen. Die dafür notwendigen Kenngrößen zur Bestimmung der Energiekosten wurden bereits ermittelt. Der Ladewirkungsgrad beträgt demnach 75 Prozent. Eine genauere Abgrenzung hinsichtlich des Verbrauches in Wh/km ist nur bedingt zu empfehlen, da Faktoren wie Anzahl der Insassen, Fahrerverhalten, schlechtes Wetter etc. sehr variabel und demnach nur schwer bestimmbar sind. Daher soll der Verbrauch bei 14 kWh/100 km liegen, welcher im Mittel alle genannten Größen beinhaltet. Die Verbrauchsangabe stellt die variablen Kosten dar, die bei höherer Fahrleistung entsprechend sinken. Sowohl fixe als auch variable Kosten sind vom Kunden zu entrichten.

Das Elektrofahrzeug wird anschließend mit einem konventionellen Fahrzeug wirtschaftlich gegenübergestellt. Da es sich beim C-Zero um ein Fahrzeug der Kleinwagenklasse handelt, wurde ein VW Polo als Vergleichsobjekt gewählt. Die Modellvariationen des Herstellers sind ein Benzin- (44 kW) und ein Dieselmotor (55 kW), welche im gleichen Leistungsbereich wie der C-Zero liegen. Zum Kostenvergleich der drei Fahrzeuge wurde bei beiden VW Polo eine entsprechende Leasingrate mit Hilfe eines Online Leasingrechners ermittelt. Sie ist zum einem von der Laufleistung in km/Jahr und zum anderen von der Laufzeit abhängig. Der Betrachtungsbereich liegt dabei zwischen 12 und 24 Monaten. Eine durchaus übliche

Leasinglaufzeit. Zeiträume welche unter 12 Monaten liegen wurden bewusst nicht gewählt, da zum einen die Leasingrate sehr hoch ist und zum anderen viele Anbieter solche geringen Laufzeiten nicht anbieten. Bei der Laufleistung fiel die Wahl auf einen Bereich zwischen 10 und 30-tausend Kilometern pro Jahr.

Wie bereits erwähnt, beläuft sich beim C-Zero der Verbrauch auf 14 kWh/100 km. Der Ladewirkungsgrad von 75 Prozent erhöht den angegebenen Verbrauch zusätzlich auf 18,7 kWh. Der Verbrauch vom Dieselfahrzeug ist mit 4,7 und beim Benzinfahrzeug mit 6,0 l/100 km festgelegt. Grundlage hierfür bilden Testberichte vom Allgemeinen Deutschen Automobil Club (ADAC). Bei den Kraftstoffkosten wurde sich an den Mittelwerten des Jahres 2015 bis Juni 2016 orientiert. Diese belaufen sich pro Liter Benzin auf 1,35 € sowie für Diesel auf 1,12 €. Die mittleren Kraftstoffkosten sind im Vergleich zum Vorjahr sehr niedrig angesetzt, wobei von einem Anstieg langfristig gesehen, ausgegangen werden kann. Die Energiekosten von 0,29 €/kWh orientieren sich ebenfalls an dem jährlichen Mittelwert in Deutschland von 2015 bis Juni 2016. Die Angaben über die variablen und fixen Kosten der Fahrzeuge, in Verbindung mit der jährlich zu erwartenden Fahrleistung, bilden die Grundlage der nachfolgenden Abbildung 37.

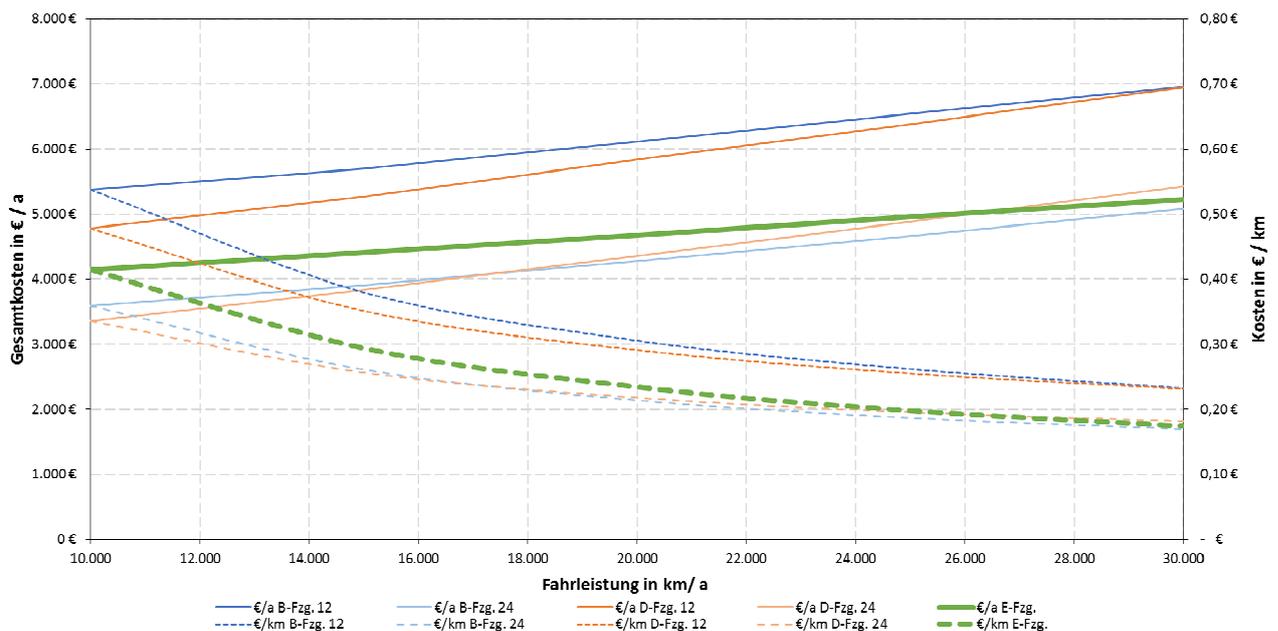


Abbildung 37 Kostenvergleich C-Zero und VW Polo bei erhöhtem Mietpreis

Aus dem Verlauf ist zu erkennen, dass der C-Zero im Vergleich zu den 12 monatigen Leasingvarianten kostengünstiger ist. Erst ab Laufleistungen größer 30.000 km pro Jahr stellt das Elektrofahrzeug in beiden Fällen die wirtschaftlich bessere Wahl dar. Das Ergebnis ist jedoch stark von dem Verbrauch, Kraftstoff- bzw. Energiekosten und dem Leasingangebot abhängig. Bei entsprechend längerer Leasinglaufzeit wird der C-Zero vergleichsweise schlechter abschneiden.

Großer Vorteil ist die zusätzliche Flexibilität beim Mieten des Elektrofahrzeuges. Da es sich um monatliche Mietdauern handelt, kann der Kunde bspw. je nach Belieben das Fahrzeug wechseln. Dies ist bei einem handelsüblichen Leasingangebot nicht möglich.

Wie bereits erwähnt, ist die Betrachtung stark von den gewählten Faktoren abhängig. Wo hingegen der Kraftstoffpreis grob kalkulierbar bleibt, besteht beim Elektrofahrzeug zusätzlich die Möglichkeit, aus anderen Quellen nachzuladen. Ein interessanter Aspekt stellt dabei die Nachladung aus regenerativen Quellen dar. Dies hat neben der positiveren CO₂-Bilanz noch den Vorteil, dass die Ladekosten je nach Erzeugungsart deutlich geringer sein können als die angesetzten 0,29 €/kWh.

Der Projektpartner ASD hat sich zudem entschlossen, aus Marketinggründen nach Projektende seinen Kunden das Nachladen kostenlos zur Verfügung zu stellen. Des Weiteren sind die Rezessionen trotz der Mietpreiserhöhung weiterhin positiv, wodurch ASD positiv bestärkt das Mietmodell weiterzuführen.

2.8 AP8 Monitoring der Energie- und Finanzströme im Netz der Ladeinfrastruktur und dessen Abrechnungssystemen

2.8.1 AP8.1 Konzeption, Modellierung und Umsetzung von Diensten zur Erfassung, Verarbeitung und Bereitstellung der darzustellenden Informationen

Auszug Projektjahr 2014

Das in Abbildung 38 dargestellte Modell ist die Grundlage für zu entwickelnde Dienste. Dabei ist der ASD (blau) mit seinen wirtschaftlichen Grundzweigen (gelb) und dem Kunden und Energieversorger (grün) wirtschaftlich gegenübergestellt. Dabei bildet der bidirektionale Informationsaustausch zwischen dem Energiemanagement und der Abrechnungseinheit für Elektromobilität eine grundlegende Voraussetzung für wirtschaftlichen Erfolg.

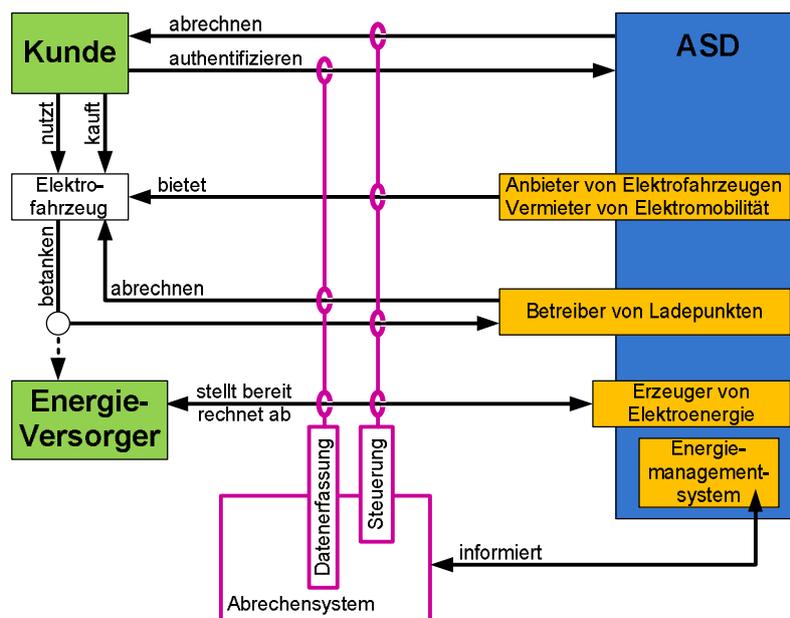


Abbildung 38 Requirement Engineering Modell (Bericht 2013)

Für die Integration der Ladeinfrastruktur konnte auf bereits vorhandene Forschungsergebnisse der Westsächsischen Hochschule Zwickau als Ausgangsbasis zurückgegriffen werden. Diese befassen sich im Allgemeinen mit der Kopplung von physischer Kommunikationsinfrastruktur und inkompatiblen Kommunikationssystemen im Bereich der Gebäudeautomation. Grundlegend werden dabei Geräte oder Komponenten, mit denen ein physischer Datenaustausch über die Software ermöglicht werden soll, in Form virtualisierter Softwarestrukturen homogenisiert abgebildet, die eine einheitliche Behandlung über die zu implementierenden Dienste erlauben und somit einen hohen Grad der

Wiederverwendbarkeit gewährleisten¹. Ein wesentlicher Vorteil für dieses Projekt liegt darin, dass bedingt durch Kommunikationsart oder verwendetes Kommunikationsprotokoll (proprietär oder standardisiert) inkompatible Komponenten miteinander über eine modulare Softwaresteuerung kommunizieren und gesteuert werden können. Für diesen Zweck wurde es erforderlich, zunächst die funktionalen Eigenschaften der Ladesäuleninfrastruktur entsprechend dem Ansatz des Virtualisierungs-Frameworks zu spezifizieren und zu katalogisieren. Weiterhin mussten gerätespezifische Adapter realisiert werden (vgl. Gerätetreiber), welche die Kommunikation in einheitlicher Form in das Framework transformieren.

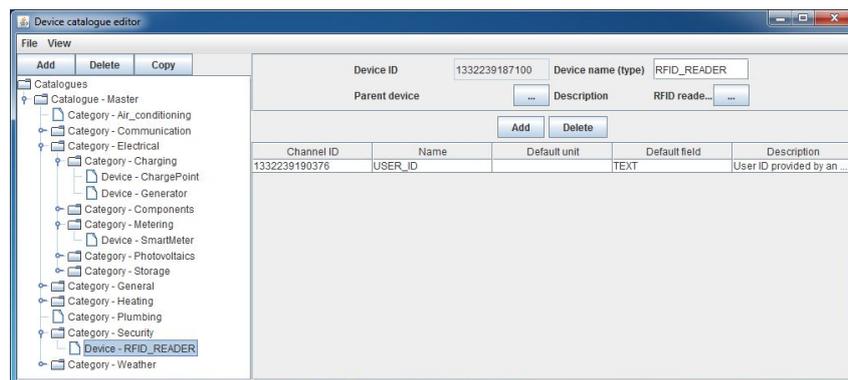


Abbildung 39 Device catalogue editor

Die Abstraktion ermöglicht weiterführend eine Dekomposition der Ladesäuleneigenschaften in Form eines virtuellen Komponentengerätes (Compound Device) und somit eine Reduzierung auf die Bereitschaftsinformationen. Für die Autorisierung relevante Mechanismen können abhängig vom eingesetzten Verfahren beispielsweise auf die Gerätekomponente RFID Reader für den Einsatz von RFID-Karten abgebildet werden und erlauben somit unterschiedlich ausgestattete Ladesäulen oder Authentifizierungsvarianten (z.B. über Smartphone) im System zu verwenden. Die zur Abrechnung relevanten Informationen wie bspw. konsumierte Energie werden in Form einer Smart Meter Komponente repräsentiert. Für die prototypische Implementierung wurden Ladesäulen der Firma Walther genutzt, da hierfür das proprietäre Kommunikationsprotokoll für Forschungszwecke im Rahmen eines NDA² zur Verfügung gestellt wurde und somit das maximale Informationsspektrum zur Verfügung steht.

¹ D. Kretz, T. Teich, M. Kretzschmar and T. Neumann. "Development of A General Virtualization Approach for Energy Efficient Building Automation", International Journal of Energy Engineering, Vol. 3, Feb, 2013, pp. 1-6.

² Non-disclosure agreement - Geheimhaltungsvereinbarung.

2.8.2 AP8.2 Evaluierung von Varianten zur flexiblen Visualisierung der Komponenten eines dezentralen Energieversorgungssystems (regenerative Erzeuger, Speichertechnologien, usw.)

Für die Visualisierung eines dezentralen Energiesystems sind verschiedene Konzeptmöglichkeiten denkbar. Aufgrund der Vielzahl von Mess- und Rechenwerten im Datenpool können nicht alle Werte gleichzeitig übersichtlich dargestellt werden, sodass eine Strukturierung und Sortierung unabdingbar ist. Dabei sind vielfältige Aufbauvarianten möglich: z. B. ein pyramidenförmiger Aufbau, d.h. ausgehend von einer Gesamtübersicht kann der Anwender mit jeder Ebene mehr detaillierte Daten einsehen und abrufen. Dabei können auch Sicherheitsebenen eingerichtet werden, um den Benutzerkreis entsprechend einzuschränken. Eine andere Möglichkeit besteht in der Zuordnung einer begrenzten Anzahl von Parametern zu einem bestimmten Schlagwort. Dies kann dann entsprechend Anwenderspezifisch erfolgen, d.h. die Visualisierung kann flexibel auf den Anwender angepasst werden, sodass dieser die für ihn relevanten Parameter sieht.

2.8.3 AP8.3 Implementierung und Integration der Visualisierung in das Informations- und Kommunikationssystem

Für die Umsetzung der Visualisierung wurde aus Hardware-technischen Gründen eine Trennung zwischen Betriebsnetz und Ladesäulenverwaltung vorgenommen.

Visualisierung Betriebsnetz

Die Umsetzung der Visualisierung des Betriebsnetzes wurde mithilfe der CoDeSys WebVisualization realisiert. Die auf Javascript basierende Visualisierung kann im WebBrowser geöffnet werden. Die Startoberfläche zeigt eine allgemeine Übersicht mit den wichtigsten Komponenten und deren aktuellen Leistungen (Abb 40):

- Leistung der Photovoltaikanlagen und des Blockheizkraftwerkes
- Lade- bzw. Entladeleistung sowie Ladezustand des Speichersystems
- Energiebedarf des Betriebes
- Energiebedarf der Ladesäulen
- Energiebezug oder –einspeisung ins Energieversorgungsnetz

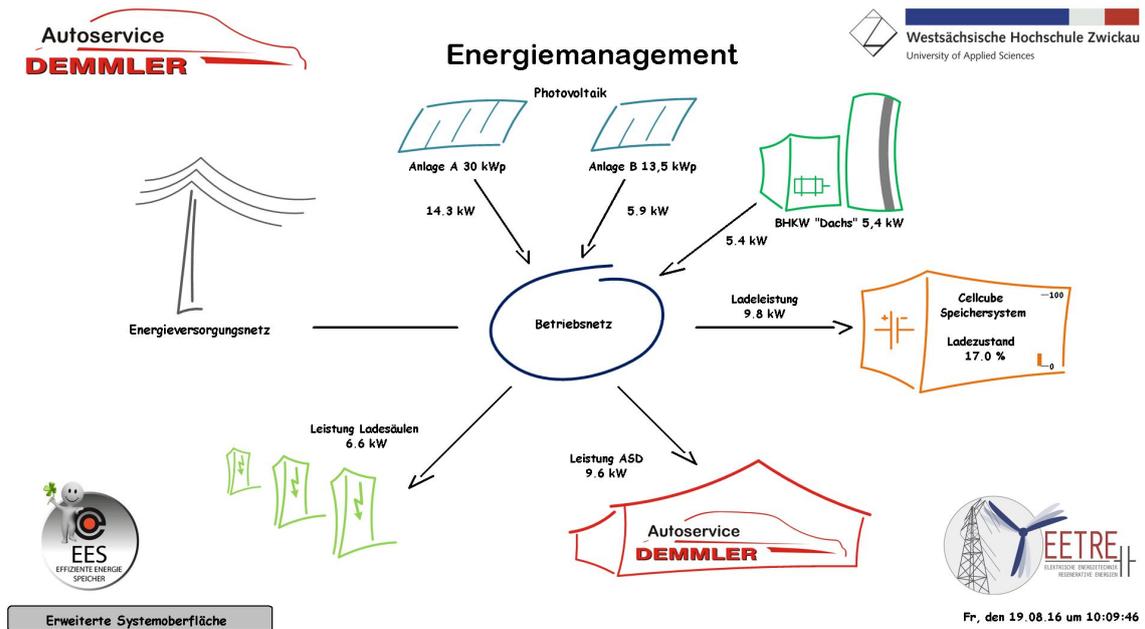


Abbildung 40 Visualisierung des Betriebsnetzes

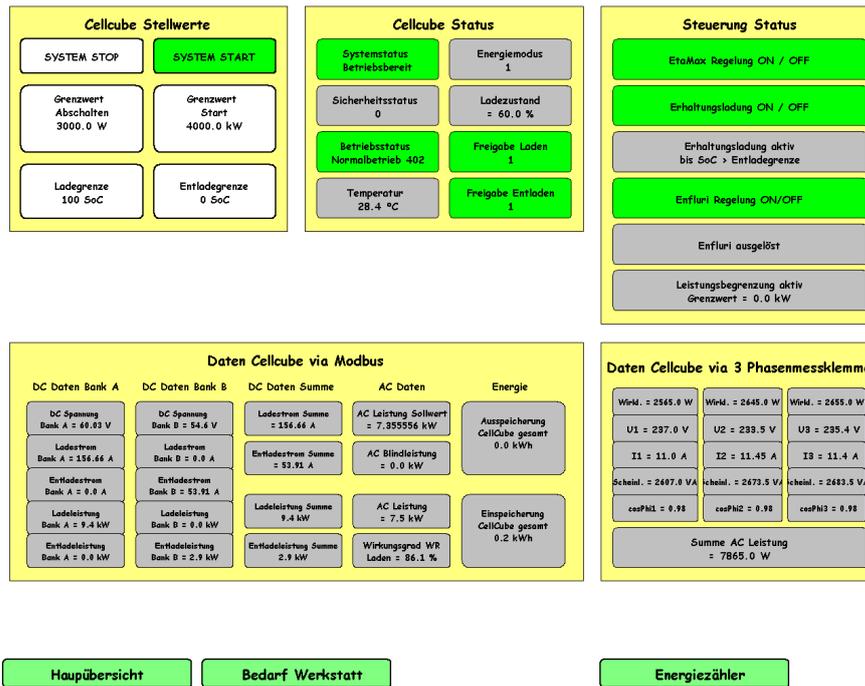
Da diese Startoberfläche oft auch Kunden und Interessenten des ASD gezeigt wird, wurde bei der Erstellung besonders auf Übersichtlichkeit und Verständlichkeit geachtet. Am Rand sind die am Projekt beteiligten Firmen dargestellt. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, über den Link im unteren Bildrand auf erweiterte Benutzeroberflächen zuzugreifen. Diese Oberflächen sind per Passwort gesperrt und nur einen begrenzten Personenkreis bekannt:

Oberfläche „Systemparameter Speichersystem“ (Abb:41):

- reduzierte Administratoroberfläche (ohne Schaltberechtigung Speichersystem)
- AC und DC Messwerte (Strom, Spannung, Leistungen)
- Systemstatusmeldungen
- Energiebilanz und Wirkungsgrade

Oberfläche „Zählerstände“ (Abb. 42):

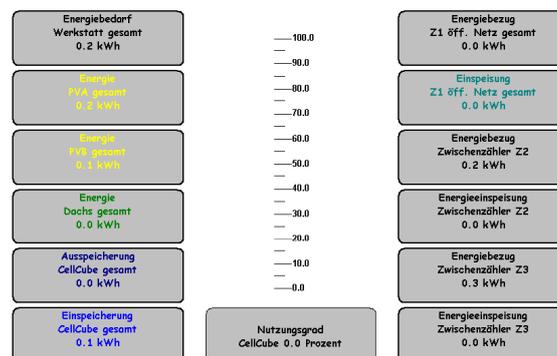
- Zählerstände aller Komponenten des Betriebsnetzes
- Zählerstände der Zwischenzähler (Abrechnung der eingespeisten Energie von Photovoltaikanlage und dem Blockheizkraftwerk)



Fr, den 19.08.16 um 17:28:19

Abbildung 41 Visualisierung der Systemparameter

Interne Zählerstände der Steuerung



Fr, den 19.08.16 um 17:27:15

Abbildung 42 Visualisierung der Energiezähler

Visualisierung Ladesäulenverwaltung

Auszug Projektjahr 2015

Die am Standort ASD installierten Ladestationen der Firma Walther verfügen über die Möglichkeit der externen Ansteuerung. Hierfür ist ein entsprechendes Programm entwickelt worden. Des Weiteren sind 200 RFID Karten beschafft worden, welche den Kunden eines Elektrofahrzeuges dazu befähigt, an einer der sechs Säulen zu laden. Mit dieser Karte ist

jeder Kunde zugleich im System mit allen notwendigen Informationen angelegt. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Oberfläche, mit der die Kundendaten eingesehen werden können.

The screenshot shows a software interface with a menu bar (Home, Charger, Manager, Config) and a title bar (Eingabebereich neuer Nutzer). The left side contains a form for entering new user data with fields for Name, Address, ZIP, and phone number. The right side displays a table of existing users.

Vorname	Name	Straße	Nr.	PLZ	Ort	Nutzergruppe	Kartennummer
Christian	Knoche	Feuchtleigasse	12	09821	Zwickau	12	21373217
Rudolf	Olafson	Dirk Bach Straße	33	08396	Waldenburg	2	2352323
Mechthild	Burner	Frank Hacker Straße	29	08396	Waldenburg	6	12312321
Hans	Hippeler	Am tiefen Grund	2	08722	Staffenberg	6	61237991
Sandro	Hommel	Friedelgasse	34	09821	Zwickau	10	32432423

At the bottom, there are buttons for 'neu anlegen', 'ändern', and 'löschen', and a summary section showing '2 registrierte Nutzer' and '3 ausgegebene Karten' with 'Laden' and 'Speichern' buttons.

Abbildung 43 Programmoberfläche mit Kundendaten

Darüber hinaus ist das ändern, löschen und neu anlegen von Kundendaten möglich. Mit diesem Programm können somit folgende Informationen von der Ladestation abgefragt und abgelegt werden.

- Kundeninformationen
 - Kunden ID
- Fahrzeuginformationen
 - Fahrzeugfabrikat
 - Batterie SoC
 - Ladeleistung

Weiterhin sind die Mitarbeiter von ASD damit befähigt, einzelne Ladestationen aktiv freizugeben oder zu sperren. Dieses kann notwendig sein, wenn die Energieproduktion im Unternehmensnetz nicht ausreichend ist und der Netzbezug unerwünscht ist. Mithilfe des angezeigten SoC des Fahrzeuges und der verfügbaren Ladeleistung kann auf die noch notwendige Ladedauer geschlossen werden.

The screenshot displays a grid of six charging stations, labeled 'Ladesäule 1' through 'Ladesäule 6'. Each station has a status indicator (SOC) and controls for 'Linke Seite' and 'Rechte Seite'. The interface includes buttons for 'sperrern' and 'freigeben' for each side. The status of each station is shown as 'Status'.

Abbildung 44 Programmoberfläche mit Ladesäulenübersicht

Projektjahr 2016

Kommunikation

Die Software zum Verwalten und Bedienen der Ladesäulen nutzt das bestehende LAN (Lokal Area Network) um die Kommunikation zu den Ladecontrollern herzustellen. Dazu wurden die einzelnen CC7 - Charge Controller in das bestehende Firmennetzwerk eingebunden und mit eindeutigen IP Adressen im Adressraum 192.168.0.XXX versehen. Grundsätzlich können die einzelnen Stationen auch über die bestehende Weboberfläche konfiguriert und auch gesteuert werden, sodass auch ein autarker Betrieb jeder Säule möglich ist. Allerdings müssen dabei Einschränkungen in der Anzahl der möglichen RFID Teilnehmer in Kauf genommen werden. Ebenso sind Datenaufzeichnung und Verwaltung der Teilnehmer nur in sehr reduziertem Maße möglich. Die folgende Abbildung 45 zeigt beispielhaft den Aufbau für 3 Stationen.

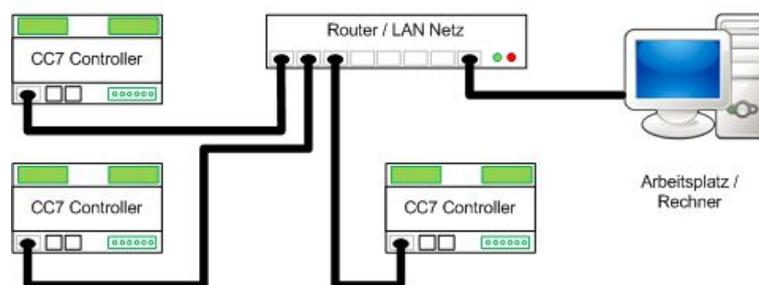


Abbildung 45 schemenhafte Darstellung des Firmennetzwerkes bei ASD

Insgesamt sind am Standort Demmler 10 Einzelplatz-Ladestationen (2 je Ladesäule) umgesetzt worden. Durch den modularen Aufbau und die Nutzung von vorhandenen Standards kann das System auch problemlos, durch zusätzliche Controller im Netzwerk, erweitert werden. Zu beachten ist hierbei jedoch, dass die Bedienung / Verwaltung nur von einem Arbeitsplatz möglich ist, da hier auch Steuersignale an die Ladesäulen gesendet werden.

Kommunikationsprotokoll (Software)

Die Kommunikation zwischen Verwaltungssoftware am Arbeitsplatz und den einzelnen Controllern setzt auf das Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP). Hierzu wird ein eigenes Datenprotokoll der Firma Walther in den Datenbereich des TCP/IP eingebracht, über welche die gesamte Kommunikation zwischen Controllern und Anwendersoftware abläuft (Abb. 46).

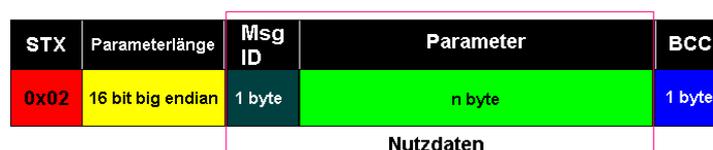


Abbildung 46 Aufbau des Datenprotokolls

Dabei wird ein zuvor definierter Nachrichtenpool aus Steuer und Abfragenachrichten genutzt, die dem Funktionsumfang der Ladesäulen entsprechen. Durch die Anwendersoftware können hier bei Bedarf Ladeströme definiert, RFID Karten freigegeben oder auch das Laden gestartet werden. Ebenso ist es möglich, sämtliche Betriebsdaten der Ladestation als auch die Daten der RFID Karten abzufragen. Hierbei werden für das erstellte Verwaltungssystem nur die für die Kundenführung und die Abrechnung notwendigen Daten abgerufen und gespeichert.

- Ladebeginn, -ende
- Leistung
- RFID-Daten
- Batterie-SoC

Da für jeden Controller die Befehlssätze gleich sind, werden diese durch die vergebenen IP Adressen unterschieden.

3 Vergleich des derzeitigen Standes mit dem geplanten Stand

Die folgende Tabelle enthält die Aufzählung aller im Berichtszeitraum abzuschließenden Arbeitspunkte mit den zugehörigen Erfüllungszeiträumen und dem derzeitigen Erfüllungsstand.

Arbeitspunkte mit Ende im Berichtszeitraum

Arbeitspunkt	Ende des AP nach Zeitplan	Bearbeitungsstand
AP 1.4.	Juni 2016	abgeschlossen
AP 2.4.	Juni 2016	abgeschlossen
AP 3.1.	Juni 2016	abgeschlossen
AP 6.3.	Juni 2016	abgeschlossen
AP 7.1.	Juni 2016	abgeschlossen
AP 7.2.	Juni 2016	abgeschlossen
AP 7.3.	Juni 2016	abgeschlossen
AP 8.3.	Juni 2016	abgeschlossen

Tabelle 15 zeitlicher Stand der Arbeitspunkte

4 Betrachtung der Projektziele

Im Rahmen des Projektes „ZEmO“ konnte sowohl für die unmittelbare Region in und um Zwickau als auch überregional (Sachsen, Bayern, Thüringen) ein bedeutender Schritt hin zur Energiewende und zur Elektromobilität erreicht werden. Das Geschäftsmodell „Kaufe deine Mobilität“ wurde mit großem Erfolg umgesetzt, sodass derzeit ein Mietpool mit 43 Elektrofahrzeugen (geplant waren 20) existiert. Die Fahrzeuge sind zu wirtschaftlich attraktiven Konditionen an private Personen, Handwerker und Kommunen vermietet. Aufgrund der hohen Nachfrage stiegen die Investitionskosten von beantragten 463.087 € auf 838.464 €. Die Auslastung der Fahrzeuge, in Kurz- und Langzeitmiete, betrug stets über 90%, sodass während der Projektlaufzeit 918.000 km mit Elektrofahrzeugen absolviert wurden. Die Nutzung und Handhabung der Fahrzeuge wurde von den Nutzern überwiegend positiv aufgefasst und die geringere Reichweite toleriert. Zur Erfassung der benötigten Fahrdaten wurden ausgewählte Fahrzeuge mit einem Messsystem ausgerüstet. Für die Aufladung der Fahrzeuge wurde eine entsprechende Ladeinfrastruktur mit 5 Ladesäulen errichtet und entsprechende Abrechnungssysteme konzipiert.

Zur Versorgung der neu errichteten Ladeinfrastruktur wurde das Betriebsnetz neu konzipiert und entsprechend aufgebaut. Des Weiteren wurde das Betriebsnetz um eine weitere Photovoltaikanlage und um ein Energiespeichersystem (130 kWh) erweitert. Die intelligente Vernetzung von PV-Anlagen, BHKW und Energiespeichersystem ermöglicht die Versorgung

des Betriebes und der neu geschaffenen Ladeinfrastruktur mit überwiegend regenerativer Energie. Durch den Einsatz des Redox-Flow Speichersystems konnten wertvolle Erfahrungen hinsichtlich Integration, Betrieb und Kenngrößen dieses Speichertyps gesammelt werden. Für die Überwachung und Steuerung der Energieströme im Betriebsnetz wurde ein Energiemanagementsystem mit integrierten Monitoringsystem konzipiert und installiert. Alle relevanten Messdaten werden kontinuierlich in eine SQL-Datenbank geschrieben und z.B. in Form von Wirtschaftlichkeitsanalysen ausgewertet. Anhand dieser Daten erfolgte die Optimierung des Energiemanagements und des Betriebsverhaltens des Speichersystems in enger Zusammenarbeit mit dem Hersteller Gildemeister Energy Solutions. Mit diesen Maßnahmen konnte der Eigenverbrauch im Unternehmen nachweislich erhöht werden. Der gesamte technische Ausbau der Energieproduktion, die Auswahl des Speichers und die Realisierung wurden von der WHZ wissenschaftlich begleitet.

Die Antragstellung sowie Einreichung des Projektes im Schaufenster Elektromobilität Bayern Sachsen erfolgte in enger Kooperation mit der SAENA und dem VDI/VDE-IT. Während der Bearbeitung des Projektes unterstützte uns die SAENA bei den Projekttreffen mit vielen wertvollen Hinweisen und Engagement bei öffentlichen Auftritten.

Ohne die Bewilligung des Projektes ZEmO wäre die zukunftsweisende Umsetzung der Projektideen nicht möglich gewesen. So konnten die bedeutsamen Themen wie Elektromobilität, Ladeinfrastruktur, nachhaltige intelligente Energieversorgung, Einbindung von Speichersystemen usw. im Gesamtkontext verständlich dargestellt werden. Es konnte für die Region ein bedeutender Schritt hin zur Energiewende und zur Elektromobilität erreicht werden.

Anhang

Anhang A1

Modul 8	
08.09.2014	Elektrotechnische Grundlagen für die eMob - Netzintegration
	Energienetze
09.09.2014	Smart Home, Smart Grid, Smart Metering
10.09.2014	Smart Home, Smart Grid, Smart Metering Ladesäulen inklusive Stecker – Standards
11.09.2014	Ladesäulen inklusive Stecker – Standards Gestaltung von Ladeprodukten
12.09.2014	Bauvorschriften Integration eMob in intelligente Netze
Modul 9	
17.10.2014	Nutzung und Wirtschaftlichkeit regenerativer Energien
18.10.2014	Nutzung und Wirtschaftlichkeit regenerativer Energien
20.10.2014	Umgang mit Visualisierungs- und Beratungstools
21.10.2014	Nutzung von Energiemanagementsystemen
22.10.2014	Einsatz von Tools zur Optimierung komplexer Energieflüsse
23.10.2014	Zukunftsperspektiven
Modul 4	
17.11.2014	Marketingaspekte für Berater Marktauftritt als Berater/Beraterin für Elektromobilität
18.11.2014	Marktauftritt als Berater/Beraterin für Elektromobilität Kernkompetenzen und Voraussetzungen als Berater/Beraterin für Elektromobilität
Modul 2	
20.11.2014	Umweltzone/ Feinstaubbelastung: Maßnahmenkatalog für Städte Umweltziele und Maßnahmenkataloge in ländlichen Regionen Regionaler Gewerbeverkehr und Logistik
21.11.2014	Ladeinfrastruktur und IT - basierte Dienste Stadt- und Mobilitätskonzepte: Best Practice Zukunftsperspektiven zu Stadt- und Mobilitätskonzepten
Modul 10	
04.12.2014	Grundlagen der Energiespeicherung Die elektrochemische Energiespeicherung Parameter, Bauformen, vollständige Batteriespeichersysteme
05.12.2014	Parameter, Bauformen, vollständige Batteriespeichersysteme Gefährdungspotenziale der Batteriespeichersysteme Anwendungsfälle und Ausblick

Modul 5	
26.01.2015	Veränderungen im Automobilbau
27.01.2015	Veränderungen im Automobilbau
28.01.2015	Umweltschädlichkeit konventioneller Antriebe/ alternativer Antriebe Alternative Kraftstoffe Hybride Antriebskonzepte
29.01.2015	Hybride Antriebskonzepte Visionen und Perspektiven der Antriebe von morgen
Modul 6	
30.01.2015	Elektromobilität- Marktentwicklung und rechtliche Rahmenbedingungen Elektromobilität: Emissionen und Regulierung
02.02.2015	Elektromobile PKW – Marktübersicht/ Einsatzbereiche Elektromobile Nfz – Marktübersicht Umrüstung von konventionellen Fahrzeugen
03.02.2015	Energiespeicherung im Fahrzeug Hochvolttechnik
04.02.2015	Umgang mit Elektrofahrzeugen Leichtbaukonzepte PKW/Nfz Service, Wartung und Reparatur sowie Unfall und Rettung
Modul 7	
05.02.2015	Elektromobile Zweiräder Elektrifizierte Leichtfahrzeuge Nutzungspotentiale von elektrifizierten Leichtfahrzeugen

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht	
3. Titel Zwickauer Elektromobilität vor Ort (ZEmO)		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Blumhagen Christian Hommel Sandro Bodach Mirko Bilsing Friedhelm	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30.06.2016	6. Veröffentlichungsdatum 22.09.2016
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Autoservice Frank Demmler Kirchberger Strasse 95 08112 Wilkau-Haßlau		7. Form der Publikation Dissertation
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) BMVI		9. Ber.-Nr. Durchführende Institution
13. Literaturangaben		10. Förderkennzeichen 16SBS032A
14. Tabellen 14		11. Seitenzahl 74
15. Abbildungen 46		16. Zusätzliche Angaben
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)		
18. Kurzfassung Mit den rund 50 Elektrofahrzeugen in der Vermietung wurde eine breite Öffentlichkeit mit der Elektromobilität vertraut gemacht. Die Energieproduktion von ASD sorgte dafür, dass die Fahrzeuge mit grüner Energie unterwegs waren. Diese Kombination Elektrofahrzeuge und regenerative Energie vermieden CO2 Emissionen von rund 350 Tonnen während der Projektlaufzeit. Der eingesetzte redoxflow Speicher und das Energiemanagement optimierten Energieverbrauch und -handling im Unternehmen. Die Zusammenarbeit mit der WHZ sorgte für das technische know how bei den innovativen Techniken. Die gewonnenen Daten wurden von der WHZ ausgewertet.		
19. Schlagwörter Elektrofahrzeuge, regenerative Energieproduktion, Elektrospeicher, Energiemanagement		
20. Verlag	21. Preis	

Nicht änderbare Endfassung mit der Kennung 396444-9

Document control sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Veröffentlichung (Publikation)	
3. title		
4. author(s) (family name, first name(s))	5. end of project 30.06.2016	
	6. publication date 22.09.2016	
	7. form of publication Document Control Sheet	
8. performing organization(s) name, address Autoservice Frank Demmler Kirchberger Strasse 95 08112 Wilkau-Haßlau	9. originators report no.	
	10. reference no. 16SBS032A	
	11. no. of pages 74	
12. sponsoring agency (name, address) BMVI	13. no. of references	
	14. no. of tables 14	
	15. no. of figures 46	
16. supplementary notes		
17. presented at (title, place, date)		
18. abstract A wide public with the electric mobility was familiarized with the approximately 50 electric vehicles in the rental. The energy production of ASD ensured that the vehicles with green energy were on the way. This combination electric vehicles and renewable energy avoided CO2 emissions of around 350 tonnes of lasting duration of the project. The used redoxflow storage and energy management optimized energy consumption and handling at the company. Cooperation with the WHZ brought the innovative techniques for the technical know how. The data obtained were evaluated by the WHZ.		
19. keywords Electric vehicles, electric storage, renewable energy production and energy management		
20. publisher	21. price	

Entwurf