

Schlussbericht

Projektzeitraum: 01. Januar 2013 bis 30. Juni 2015

Dezember 2015



Konsortium (Unterschriftenblatt)

Die Unterzeichner legen hiermit den Schlussbericht zum Förderprojekt eMERGE: *Wege zur Integration von Energie-, Fahrzeug-, Verkehrs- und Nutzeranforderungen – Flottentest in den Modellregionen Rhein/ Ruhr und Berlin* vor.

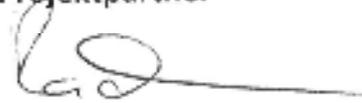
Konsortialführer



Dr. Tim Schlüsener

Daimler AG

Projektpartner



FOKUS – Fraunhofer Institut
für Offene Kommunikationssysteme

Kaiserin-Augusta-Allee 31, 10589 Berlin, Germany
Dr. Ilja Radusch

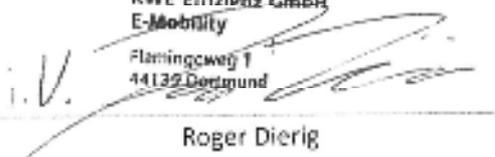
Fraunhofer FOKUS

RWE

RWE Effizienz GmbH
E-Mobility

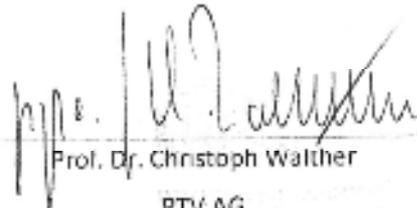
Flamingoweg 1
14132 Dortmund

i.v.



Roger Dierig

RWE Effizienz GmbH



Prof. Dr. Christoph Walther

PTV AG

10589 Berlin, Germany
Tel: +49 30 266 74 1000
www.ptv.com



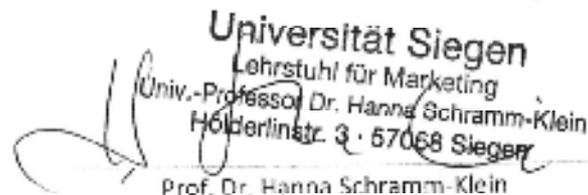
Prof. Dr. Peter Letmathe

Prof. Dr. Peter Letmathe
RWTH Aachen
Templigraben 64
52062 Aachen/Germany



Technische Universität Berlin
Technische Universität Berlin
Sekt. IV 6 - 10589 Berlin
Tel: 030 51 62 53 23 - Hirschhausen
62kr@wip.tu-berlin.de • www.wip.tu-berlin.de
TU Berlin

Prof. Dr. Christian von Hirschhausen



Prof. Dr. Hanna Schramm-Klein

Universität Siegen

Universität Siegen
Lehrstuhl für Marketing

Univ.-Professor Dr. Hanna Schramm-Klein
Hölderlinstr. 3 · 57068 Siegen

Datenblatt

Titel	eMERGE: Wege zur Integration von Energie-, Fahrzeug- und Verkehrs- anforderungen – Flottentest in den Modellregionen Rhein-Ruhr und Berlin
Projektzeitraum	(01. Juli 2012) 01. Januar 2013 bis 30. Juni 2015
Modellregionen	Rhein-Ruhr und Berlin/ Potsdam
Projektpartner	Daimler AG, RWE Effizienz GmbH, PTV AG, Fraunhofer FOKUS, RWTH Aachen University, Uni Siegen, TU Berlin
Flottenversuch	mit „echten“ Kunden – Privat- und Firmenkunden - bei Daimler <ul style="list-style-type: none"> • 136 Fahrzeuge • davon 120 mit Datenlogger innerhalb der Standorte bei RWE <ul style="list-style-type: none"> • 10 Fahrzeuge • ohne Datenlogger
Infrastruktur	Aufbau durch RWE und Erprobung gemeinsam mit Daimler <ul style="list-style-type: none"> • 11 intelligente Wallboxen installiert • 20 Ladesäulen für Plug&Charge umgerüstet
Projektförderung	

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Projektpartnern.

Inhaltverzeichnis

Datenblatt.....	II
Inhaltverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis.....	VIII
Tabellenverzeichnis.....	XI
Abkürzungsverzeichnis	XII
Kurzdarstellung	1
1 eMERGE – Elektromobilität ganzheitlich	1
1.1 <i>Aufgabenstellung und Zielsetzung</i>	1
1.2 <i>Projektstruktur</i>	2
1.2.1 <i>Übersicht der Arbeitspakete</i>	2
1.2.2 <i>Zeitplan und Meilensteine</i>	11
1.3 <i>Projektpartner und Themenschwerpunkte</i>	12
Eingehende Darstellung	18
2 AP 200 - Fahrzeugseitige Anforderungen	19
2.1 <i>Fahrzeugseitiges Testen der Ladekommunikation für den Feldversuch – AP 210</i>	19
2.1.1 <i>Ziel des Arbeitspakets</i>	19
2.1.2 <i>Aktivitäten, Verlauf und Ergebnisse</i>	19
2.1.3 <i>Lessons Learned</i>	22
2.2 <i>Testkonzept und -methodik für den Feldversuch – AP 220</i>	23
2.2.1 <i>Ziel des Arbeitspakets</i>	23
2.2.2 <i>Testspezifikation</i>	23
2.2.3 <i>Testmanagement</i>	23
2.2.4 <i>Systemspezifikation</i>	24
2.2.5 <i>Testvorgehen</i>	24
2.3 <i>Fahrzeugseitige Optimierung des Ladevorgangs auf Basis intelligenter Ladekommunikation – AP 230</i>	25
2.3.1 <i>Ziel des Arbeitspakets</i>	25
2.3.2 <i>Aktivitäten, Verlauf und Ergebnisse</i>	25
2.3.3 <i>Notwendigkeit des Ressourceneinsatzes</i>	26

2.3.4	Verwertungsplan	26
3	AP 300 – Energieseitige Anforderungen	27
3.1	<i>Implementierung des Kommunikations-Standards.....</i>	27
3.1.1	Gründe für gesteuertes Laden	28
3.1.2	Intelligente Kommunikation zwischen Auto und Ladesäule.....	28
3.1.3	Anforderungen an die Umsetzungen in der Ladesäule und das angeschlossene BackendSystem	30
3.1.4	Verbindungsaufbau	31
3.1.5	Authentifizierung	32
3.1.6	Lastmanagement	33
3.1.7	Ergebnisse	34
3.2	<i>Lademanagement unter Berücksichtigung von Netz-, Batterie- und Nutzerprämissen</i>	36
3.2.1	Zertifikatsmanagement	37
3.2.2	Energiemanagement.....	41
3.2.3	Lastmanagement Strategien.....	43
3.2.4	Notwendige Erweiterungen für eMERGE	44
3.2.5	Ergebnisse.....	45
3.3	<i>Testen im Rahmen des Feldversuchs.....</i>	46
3.3.1	Diskussion verschiedener Ladestrategien im Projekt eMERGE	47
3.3.2	Kundenprofil im Projekt eMERGE.....	48
3.3.3	Kommunikation der Ladeszenarien an Nutzer	48
3.3.4	Ergebnisse	49
	<i>a. Fix Steuerungs-Strategie ohne Einschränkungen (Juli – November 2014)</i>	49
	<i>b. Erneuerbare Energien-Szenario (März – Juni 2015)</i>	50
3.4	<i>Lessons learned und Empfehlungen.....</i>	52
4	AP 400 – Verkehrsseitige Anforderungen - Aufbau und Förderung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur	53
4.1	<i>Inhaltliche Verzahnung, Schnittstellen, Daten- und Informations-austausch - AP 410 (PTV AG)</i>	54
4.2	<i>Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur – AP 420 (PTV AG).....</i>	54
4.2.1	Modell- und Datengrundlagen	55
4.2.2	Identifizierung und Berechnung von Nutzerpotenzialen für zwei Szenarien	55
4.2.3	Standortplanung öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur für zwei Szenarien.....	59

4.2.4	Plausibilisierung der Ladeinfrastrukturbedarfe durch agentenbasierte Tourendarstellung	62
4.2.5	Zusammenfassung und Empfehlungen	66
4.3	Konzepte und Regelsetzung / Regulierung für halböffentliche Ladeinfrastruktur – AP 430 (TUB-WIP)	67
4.3.1	Konzeptionelle Überlegungen zum Ladeinfrastrukturbedarf im halböffentlichen Bereich	67
4.3.2	Grundlegende Erkenntnisse zur Bereitstellung von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich	68
4.3.3	Rolle der öffentlichen Hand bei der Bereitstellung von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich	70
	a. Wissensmanagement und Vorgaben	70
	b. Kofinanzierung	71
4.3.4	Mögliche Interdependenzen zwischen Ladeinfrastruktur im halböffentlichen und anderen Bereichen	73
4.3.5	Rechtliche Aspekte und Hindernisse bei der Bereitstellung von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich	74
	a. Technische Ausgestaltung und Standards	74
	b. Energierecht und verwandte Rechtsbereiche	75
	c. Grundstückseigentum und Netzanschluss	78
4.3.6	Fazit	78
4.4	Übergreifende Beurteilung des Bedarfs an halböffentlicher Ladeinfrastruktur und diesbezüglicher Regulierungsoptionen – AP 440 (PTV AG; TUB-WIP)	79
4.4.1	Zielgruppenspezifische Förderung der Elektromobilität (PTV AG)	80
4.4.2	Schwerpunkte des Ladeinfrastrukturbedarfs für die Standortplanung (PTV AG)	81
4.4.3	Bereitstellung halböffentlicher Ladeinfrastruktur (TUB-WIP)	82
4.5	Literatur	83
5	AP 500 – Nutzerverhalten	86
5.1	Beschreibung des Arbeitspakets	86
5.2	Aufarbeitung bestehender Forschungsliteratur	86
5.3	Segmentierung der Kundencluster	88
5.4	Ermittlung der Nutzenbeiträge der Fahrzeugeigenschaften	91
5.5	Erkenntnisse durch die eSmart-Nutzer	94
5.6	Zusammenfassung	100
5.7	Literatur	101
6	AP 600 – Integration und Harmonisierung	103
6.1	Beschreibung des Arbeitspaketes	103

6.2	Ergebnisse	104
6.2.1	Ladesäulenreservierung – Carsharing.....	104
	a. Szenario Beschreibung.....	104
	b. Nutzerverhalten und Applikation.....	106
	c. Ergebnisse für Fahrzeuge.....	107
	d. Ergebnisse für Ladestationen	110
	e. Zusammenfassung der Ergebnisse zur Ladesäulenreservierung	111
6.2.2	Gesteuertes Laden – Weitpendler.....	111
	a. Szenario Beschreibung.....	111
	b. Ladestrategien	114
	c. Simulationsergebnisse	116
	d. Zusammenfassung der Ergebnisse zum gesteuerten Laden.....	119
6.3	Fazit.....	119
6.4	Literatur	120
7	AP 700 – Geschäftsmodellierung	123
7.1	Einleitung	123
7.2	Markteintrittsbarrieren und Grundmodell.....	124
7.3	Fokusdomäne Fahrzeug: Prozesskette, Ertragsmodell, Closed-Loop Supply-Chain.....	127
7.4	Fokusdomänen Verkehr und Energie (Infrastruktur): Prozesskette, Ertragsmodell, Pricing-Model 131	
7.5	Prognosenachfragemodell.....	135
7.6	Zusammenfassung	137
7.7	Literatur	137
8	AP 800 – Flottentest in Rhein-Ruhr und Berlin	139
8.1	Aufbau und Verkauf der smart fortwo electric drive – AP 810.....	139
	8.1.1 Ziel des Arbeitspakets.....	139
	8.1.2 Aktivitäten, Verlauf und Ergebnisse	139
8.2	Datenerfassung in Kundenfahrzeugen – AP 820.....	139
	8.2.1 Ziel des Arbeitspakets.....	139
	8.2.2 Aktivitäten, Verlauf und Ergebnisse	139
	8.2.3 Lessons learned	144
8.3	Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur für Endkunden – AP 830.....	144
	8.3.1 Ziel des Arbeitspakets.....	144
	8.3.2 Aktivitäten, Verlauf und Ergebnisse	144
	8.3.3 Lessons learned	146

8.4	<i>Einsatz einer RWE-Mitarbeiterflotte über zwei Anwendungsfälle – AP 840</i>	146
8.4.1	Ziel des Aufgabenpakets.....	146
8.4.2	Aktivitäten, Verlauf und Ergebnisse	146
8.4.3	Lessons learned	152
9	AP 100 – Projektmanagement	153
10	Kundenevents – Pioniere der Elektromobilität.....	154
	<i>Kundenevent im März 2014 in der RWE Repräsentanz in Berlin</i>	154
	<i>Kundenevent im September 2014 bei der RWE in Paffendorf</i>	155
	<i>Kunden-/ Abschlussevent im Juni 2015 in Rhein-/ Ruhr</i>	156
	<i>Kunden-/ Abschlussevent im Juli 2015 in Berlin</i>	158
	Zusammenfassung	159
11	Wesentliche Ergebnisse.....	159
12	eMERGE II – Folgeprojekt	163

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	eMERGE Elektromobilität ganzheitlich.....	1
Abb. 2:	eMERGE - Projektstruktur im Überblick.....	2
Abb. 3:	Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur	3
Abb. 4:	Basisladearten (IEC 61851-1).....	3
Abb. 5:	Prinzipiendarstellung der elektromobilen Verflechtungen.....	4
Abb. 6:	Relevante Fragestellungen im Bereich Nutzerverhalten.....	5
Abb. 7:	Simulationsarchitektur VSimRTI zur ganzheitlichen Betrachtung der Elektromobilität	6
Abb. 8:	Geschäftsmodelle der Elektromobilität.....	7
Abb. 9:	Geschäftsmodell der Elektromobilität	7
Abb. 10:	Flyer zum eMERGE Flottentest.....	8
Abb. 11:	Projektzeitplan und Meilensteine	11
Abb. 12:	Leistungsprofil des Ladevorgangs hält sich an die Leistungsvorgaben der Tariftabelle	19
Abb. 13:	Leistungsprofil des Ladevorgangs orientiert sich am Ladezustand der Batterie.....	20
Abb. 14:	Initiales Ladeprofil - keine Limitierung der Ladeleistung durch die Infrastruktur.....	21
Abb. 15:	Limitierung der verfügbaren Ladeleistung durch die Ladeinfrastruktur.....	22
Abb. 16:	Mehrfache Korrektur der verfügbaren Ladeleistung durch die Ladeinfrastruktur und entsprechende Reaktion des Fahrzeugs.....	22
Abb. 17:	Zusammenhänge zwischen Tarifleistungslimits, Tarifkosten und Ladeplan	25
Abb. 18:	Prinzipschaubild der Informationsflüsse der 15118 Ladesteuerung.....	29
Abb. 19:	Ablauf 15118 Kommunikation (Bsp.).....	29
Abb. 20:	Durch RWE unterstützte Authentifizierungsarten	33
Abb. 21:	Ablauf einer Plug&Charge Ladung (Logbuch).....	34
Abb. 22:	Webseite der prototypischen Umsetzung des Zertifikatshandlings	35
Abb. 23:	Detailsicht auf Zertifikate für 15118.....	35
Abb. 24:	Zertifikatsstruktur ISO/IEC 15118 (vereinfacht)	38
Abb. 25:	Funktionsweise von Ladepunktzertifikaten.....	39
Abb. 26:	Beispielhafte Zuordnung der 15118 Eigenschaften an Ladeinfrastruktur	39
Abb. 27:	Ablauf Vertragszertifikatsprüfung	41
Abb. 28:	Energiemanagement – Übersicht.....	42
Abb. 29:	Strategie Dynamische Lastgrenze – Lastgangprofil.....	45
Abb. 30:	Auslastung der eMERGE Ladeboxen im ersten Szenario.....	50
Abb. 31:	Beispielszenario: Einspeiseleistung Erneuerbare Energien.....	50
Abb. 32:	Effekt ISO/IEC Lastmanagement.....	51
Abb. 33:	Unterteilung der Nutzergruppen von Elektrofahrzeugen	56
Abb. 34:	Prinzipiendarstellung der Wachstumskurve im Maßnahmen-Szenario 2013 bis 2030	57
Abb. 35:	Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur für Berlin 2025 (Maßnahmen-Szenario) ..	62
Abb. 36:	Ausgewählte Touren der Weitpendler in Berlin.....	65
Abb. 37:	Ausgewählte Touren der Carsharer in Berlin	65
Abb. 38:	Modell Theory of Reasoned Action (TRA)	89
Abb. 39:	Forschungsmodell ergänzt um Innovation Diffusion Theory	89
Abb. 40:	Aufstellung der Wichtigkeit der Fahrzeugeigenschaften in Prozentangaben.....	93

Abb. 41:	Befragung der privaten Nutzer (n=57) vor dem Zeitpunkt des Erwerbs.....	96
Abb. 42:	Befragung der privaten Nutzer (n=41) 4 Monate nach der Anschaffung.....	96
Abb. 43:	Befragung der privaten Nutzer (n=48) 6 Monate nach der Anschaffung.....	96
Abb. 44:	Befragung der privaten Nutzer (n=32) 8 Monate nach der Anschaffung.....	97
Abb. 45:	Befragung der privaten Nutzer (n=40) 10 Monate nach der Anschaffung.....	97
Abb. 46:	Befragung der geschäftlichen Nutzer (n=38) vor dem Zeitpunkt des Erwerbs	98
Abb. 47:	Befragung der geschäftlichen Nutzer (n=29) 4 Monate nach der Anschaffung.....	98
Abb. 48:	Befragung der geschäftlichen Nutzer (n=38) 6 Monate nach der Anschaffung.....	99
Abb. 49:	Befragung der geschäftlichen Nutzer (n=28) 8 Monate nach der Anschaffung.....	99
Abb. 50:	Befragung der geschäftlichen Nutzer (n=25) 10 Monate nach der Anschaffung.....	99
Abb. 51:	Im eMERGE-Projekt entwickelte Architektur zur Realisierung der automatisierten Ladesäulenreservierung und zur Unterstützung von gesteuertem Laden.....	103
Abb. 52:	Zwischenaufenthalte (grüne Punkte) von Carsharing-Nutzern in Berlin und Brandenburg	105
Abb. 53:	Fahrdistanz auf Gesamttour	108
Abb. 54:	Fahrzeit der Gesamttour	108
Abb. 55:	Zusätzliche Fahrdistanz durch erfolglos angefahrene Ladesäulen (pro Rang).....	109
Abb. 56:	Zusätzliche Fahrzeit durch erfolglos angefahrene Ladesäulen (pro Rang).....	109
Abb. 57:	Ladestationsstatistik mit 25 % eMERGE und 75 % klassischen Fahrzeugen	110
Abb. 58:	Ladestationsstatistik mit 75 % eMERGE und 25 % klassischen Fahrzeugen	111
Abb. 59:	Wohn- und Arbeitsorte der Weitpendler mit Elektrofahrzeugen im untersuchten Szenario...	112
Abb. 60:	Histogramm der Verteilung der Fahrdistanzen des Arbeitsweges.....	113
Abb. 61:	Zeitliche Statistik der Aufenthalte im Tagesverlauf	114
Abb. 62:	Tagesverlauf der Netzauslastung durch die einfache Ladestrategie.....	116
Abb. 63:	Vergleich der Ladestrategien am 24.06.2014.....	118
Abb. 64:	Vergleich der Ladestrategien am 09.09.2014.....	118
Abb. 65:	Vergleich der Ladestrategien am 01.11.2014.....	119
Abb. 66:	Geschäftsmodell der Elektromobilität	123
Abb. 67:	Markteintrittsbarrieren auf Endkundenebene.....	125
Abb. 68:	Markteintrittsbarrieren aus Akteurssicht.....	125
Abb. 69:	Grundmodell.....	126
Abb. 70:	Prozesskette des Automobilherstellers.....	127
Abb. 71:	Ertragsmodell des Automobilherstellers.....	128
Abb. 72:	Closed-Loop Supply-Chain	129
Abb. 73:	Wirtschaftliche Betrachtung der Closed-Loop Supply-Chain	130
Abb. 74:	Prozesskette für Verkehr und Energie.....	131
Abb. 75:	Ertragsmodell für Verkehr und Energie.....	132
Abb. 76:	Parkplatz-Auswahl-Algorithmus	133
Abb. 77:	Optimierung Anzahl Premium-Parkplätze.....	134
Abb. 78:	Sensitivitätsanalyse	135
Abb. 79:	AnyLogic-Simulationsmodell	136
Abb. 80:	Relevanz der Einflussfaktoren in Prozent (Quelle: Conjoint Analyse des Marketing Lehrstuhls der Universität Siegen)	136
Abb. 81:	Verhältnis zwischen Fahrten zu Ladevorgängen Jun. 2014 – Mai 2015.....	140
Abb. 82:	Die durchschnittliche Distanz pro Fahrt in km je Monat.....	141

Abb. 83:	Distanzen je Tag im September 2014 Rhein/Ruhr	142
Abb. 84:	Zurückgelegte Kilometer im Monat September im 24 h Verlauf	142
Abb. 85:	Top 10 gefahrene Distanzen im Oktober 2014	143
Abb. 86:	Top 10 der niedrigsten \emptyset Energieverbräuche je 100 km (Zeitraum 05/2014-04/2015)	144
Abb. 87:	Die RWE eBox smart	145
Abb. 88:	Mindmap „Einsatzkonzept eMERGE“	147
Abb. 89:	Fahrzeugdesign.....	148
Abb. 90:	Registrierung	149
Abb. 91:	Buchung.....	149
Abb. 92:	Buchungsübersicht	150
Abb. 93:	Poster eMERGE.....	151

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Projektstrukturplan	10
Tab. 2:	Ziele und Aufgaben AP 310	27
Tab. 3:	Mapping der 15118 Use Cases auf die RWE Anforderungen der Umsetzung	31
Tab. 4:	Ziele und Aufgaben AP 320	36
Tab. 5:	Akteure Zertifikatsprozess ISO/IEC 15118.....	37
Tab. 6:	Inhalt eines Ladepunktzertifikats	40
Tab. 7:	Ziele und Aufgaben AP 330	47
Tab. 8:	Wirkung des Maßnahmenbündels auf die verschiedenen Nutzergruppen zur Entwicklung des Business-as-Usual-Szenarios.....	58
Tab. 9:	Zeitlich-funktionale Aufteilung der Ladeformen	60
Tab. 10:	Anzahl des Ladeinfrastrukturbedarfs für Berlin 2025	61
Tab. 11:	Strukturierung Laden im halböffentlichen Bereich	68
Tab. 12:	Aufstellung der Merkmalsausprägungen für das Conjoint Verfahren	92
Tab. 13:	Aufstellung der Teilnutzenwerte	92
Tab. 14:	Überblick der möglichen Ladetechnologien.....	115
Tab. 15:	Fahrleistungen	152

Abkürzungsverzeichnis

AC	Alternating Current (Wechselstrom)
AP	Arbeitspaket
BattG	Batteriegesetz
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BEV	Batterieelektrisches Fahrzeug
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bauwesen und Stadtentwicklung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
CCS	Combined Charging System
CHAdeMO	CHArge de MOve
CO ₂	Kohlendioxid
DC	Direct Current (Gleichstrom)
DOORS	Dynamic Object Oriented Requirements System, Software für Anforderungsmanagement
ECU	Electronic Control Unit
ed	electric drive
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EM-INFRA	Elektromobilität und Infrastruktur (BMBVS-Forschungsprojekt)
EmoG	Elektromobilitätsgesetz
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EV	Electric Vehicle
EVSE	Electric Vehicle Supply Equipment
F&E	Forschung und Entwicklung
GVP 2025	Gesamtverkehrsprognose Berlin und Brandenburg 2025
HV	Hochvolt
HW	Hardware
IEC	International Electrotechnical Commission
IKEM	Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
ISO	International Organization for Standardization
IuK	Information und Kommunikation
iZEUS	intelligent Zero Emission Urban System
JiST	Java in Simulation Time
LI	Ladeinfrastruktur
LSV	Ladesäulenverordnung
LSV-E	Ladesäulenverordnung Entwurf
MS	Meilenstein
NAV	Niederspannungsanschlussverordnung
NCS	Nippon Charge Service
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
NIÖ	Neue Institutionenökonomie

NKBF98	Nebenbestimmungen für Zuwendungen auf Kostenbasis des BMBF an Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft für FE-Vorhaben
NS2	Network Simulator 2
OEM	Original Equipment Manufacturer: Automobilkonzerne
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
OR	Operations Research
PHEV	Plug-in-Hybrid-Fahrzeug
PLC	Powerline Communication
PM	Personenmonate
POI	Point of Interest
P+R	Parken und Reisen
PV	Photovoltaik
RCS	Revision Control System
REEV	Range-Extended-Fahrzeug
RFID	radio-frequency identification
SAE	Society of Automotive Engineers
SchuKo	Schutzkontakt
simTD	Sichere intelligente Mobilität Testfeld Deutschland
StromStG	Stromsteuergesetz
StomStV	Stromsteuer-Durchführungsverordnung
SUMO	Simulation of Urban Mobility
SW	Software
SWANS	Scalable Wireless Ad hoc Network Simulator
TCO	total cost of ownership (Gesamtbetriebskosten)
TRA	Theory of Reasoned Action
V2G	Vehicle-to-Grid
VISSIM	Verkehr In Städten – SIMulationsmodell
VISUM	Programmpaket der PTV AG zur Verkehrsmodellierung
VSimRTI	Vehicle-2-X Simulation Runtime Infrastructure
WIP	Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik

1.2 Projektstruktur

1.2.1 Übersicht der Arbeitspakete

Die im Rahmen des Projektes untersuchten Domänen Nutzer, Fahrzeug, Verkehr und Energie, deren untereinander bestehende Abhängigkeiten die Elektromobilität verknüpfen, finden sich in der Projektstruktur wieder:

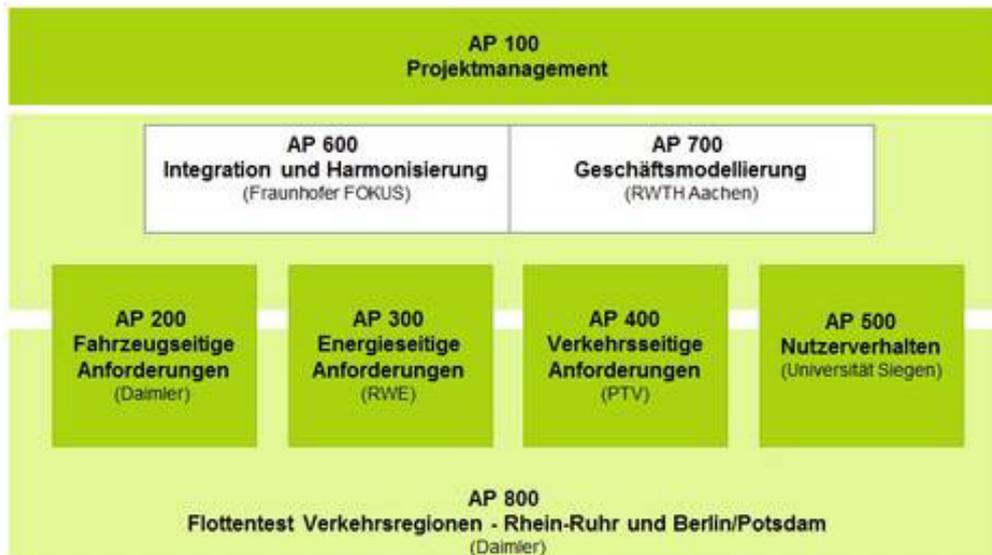


Abb. 2: eMERGE - Projektstruktur im Überblick

In der Darstellung der Arbeitspaketstruktur von eMERGE stellen die vier Domänen in den AP 200-500 säulenartig die Basis für die Untersuchungen dar. Die hier erarbeiteten Erkenntnisse fließen in das übergeordnete AP 600 ein, in dem eine Simulationsumgebung entwickelt wird, mit deren Hilfe Steuerinstrumente der jeweiligen Domäne auf ihren Einfluss und Wirkung auf die anderen Umfelder hinsichtlich spezifischer Fragestellungen analysiert werden. Gleichzeitig besteht eine enge Verbindung mit dem AP 700, in dem diese Erkenntnisse in die Entwicklung von Geschäftsmodellen einfließen. Zur realitätsnahen Evaluierung werden die im Projektverlauf gewonnenen Erkenntnisse im Rahmen des Flottentests des AP 800 umgesetzt und validiert. Als Querschnittsfunktion liegt das AP 100 mit den Aufgaben des Projektmanagements für das Konsortium über dem gesamten Projekt.

Nachfolgend wird jeweils ein kurzer Einblick in die Arbeitspakete 200 bis 800 gegeben:

AP 200 - Fahrzeugseitige Anforderungen

Im Rahmen des Projektes erprobt Daimler die Optimierung des Ladevorgangs. Dank intelligenter Ladeinfrastruktur wird ein Fahrzeug wahlweise dann geladen, wenn der Strom am günstigsten ist und nicht unbedingt sofort, wenn Fahrzeug und Ladesäule verbunden werden. Trotzdem steht das Fahrzeug zur gewünschten Abfahrtszeit vollständig geladen zur Verfügung.



Abb. 3: Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur

Ermöglicht wird dies durch die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur (Vehicle-to-Grid-Kommunikation). Aufgabe von Daimler und RWE ist es, eine fehlerfreie Kommunikation zu gewährleisten, indem Fahrzeug und Infrastruktur genauestens aufeinander abgestimmt und getestet werden.

Fahrzeug und Infrastruktur, die jeweils unabhängig voneinander bei Daimler und RWE entwickelt wurden, müssen im Zusammenspiel im Feldtest fehlerfrei funktionieren - und in Zukunft auch beim täglichen Gebrauch mit den Komponenten anderer Hersteller. Herausforderungen dabei sind gegebenenfalls unterschiedliche Annahmen und Interpretationen der Spezifikationen, die Reaktions- und Verarbeitungsgeschwindigkeit der Komponenten während der Kommunikation, aber auch externe Einflüsse wie die Bedienung durch den Kunden oder Witterungseinflüsse wie Frost.

Aufgabe von Daimler ist darüber hinaus, ein fundiertes und übertragbares Testkonzept zu entwickeln. Ziel ist es, in der zukünftigen Entwicklung von Elektrofahrzeugen die fehlerfreie Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur durch standardisierte Testverfahren abzusichern.

AP 300 - Energieseitige Anforderungen

Die Ladeinfrastruktur bildet die physikalische Schnittstelle zwischen dem Elektrofahrzeug und dem Stromverteilungsnetz.

An dieser Stelle besteht weiterhin die Herausforderung der Realisierung und Weiterentwicklung der Kommunikationsschnittstelle zwischen dem Elektrofahrzeug und der Ladesäule auf Basis bereits geleisteter Entwicklungen.



Abb. 4: Basisladearten (IEC 61851-1)

Zum anderen müssen die aus dem Fahrzeug zur Verfügung stehenden (individuellen) Informationen/ Anforderungen mit den (individuellen und/oder allgemeinen) Informationen/ Anforderungen aus dem Stromnetz verknüpft werden, um geeignete Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln. Ziel ist es daher, einen möglichst effektiven Ladevorgang des Fahrzeugs unter verschiedenen Einflussparametern zu gewährleisten. Dies bedeutet, dass das Fahrzeug bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Netz- bzw. energiewirtschaftlichen Prämissen nach Nutzer-, fahrzeugspezifischen sowie verkehrlichen Vorgaben geladen werden kann.

Im Rahmen des Arbeitspaketes gilt es solch ein optimiertes Lademanagement aus Sicht von Nutzern, Energieversorgern und der öffentlichen Hand zu realisieren.

Der zu entwickelnde Ladevorgang wird unter Berücksichtigung der aktuell noch in der Diskussion befindlichen Kommunikationsstandards (gemäß ISO/IEC 15118) stattfinden und eine Steuerung des Ladeverhaltens ermöglichen. Dazu müssen u.a. zeit- und lastabhängige Tarife zur Verfügung stehen. Hierfür gilt es einen entsprechenden Algorithmus zur Erzeugung von Tarifstabellen zu entwickeln und unter verschiede-

nen realen Einsatzsituationen auf Praxistauglichkeit zu erproben. Zudem müssen die jeweiligen Ladeleistungen durch Netzbetreiber oder Energielogistiker beeinflussbar sein.

AP 400 - Verkehrsseitige Anforderungen

Das AP 400 hat das Ziel den Bedarf von Ladeinfrastruktur und mögliche Regulierungsoptionen zu beurteilen und daraus schlussfolgernd Empfehlungen zum bedarfsgerechten Aufbau und Förderung für die öffentliche Hand zu erarbeiten.



Abb. 5: Prinzipiendarstellung der elektromobilen Verflechtungen

Zur Steigerung der Elektrofahrzeugzahlen wird der Ausbau eines Netzes an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur als notwendig angesehen. Die Arbeiten der PTV AG innerhalb des Arbeitspaketes 400 hatten das Ziel, den Bedarf an öffentlicher und halböffentlicher Ladeinfrastruktur in der Stadt Berlin für das Jahr 2025 zu ermitteln und kleinräumig zu lokalisieren. Aus wenigen Einflussgrößen wie Durchdringung mit elektrisch betriebenen Fahrzeugen, unterschiedliche Dichte von Ladeinfrastruktur und verschiedenartiger Ladetechnologie lassen sich verschiedene Szenarien ableiten, die dann in Verkehrsmodellen umgesetzt werden. Dieses inhaltliche Ziel sollte mit der Weiterentwicklung vorhandener Verkehrsmodelle verifiziert werden. Für dieses zweite Ziel wurden Touren ausgewählter Nutzerpotenziale erzeugt und mit Hilfe der Verkehrsmodellierungssoftware VISUM dargestellt (AP 420). Am Beispiel von PTV Visum sollte untersucht werden, welche Funktionalität in einem makroskopischen Planungsinstrument erforderlich ist, um auf Basis der Ergebnisse der agentenbasierter Nachfrageberechnung Analysen und Bewertungen zielführend durchführen zu können. Hierbei ging es zum einen um die Entwicklung des zugrundeliegenden Datenmodells, als auch um die Möglichkeit, darauf aufbauend Analysen und Darstellungen zur Bewertung der Ergebnisse zu erzeugen. Die Ergebnisse der Untersuchungen flossen in einen Bericht mit Handlungsoptionen für die öffentliche Hand.

Ein gesamtwirtschaftlich effizienter Aufbau öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur ohne staatliche Vorgaben bzw. Anreize ist aus heutiger Sicht fraglich. Daher werden im Rahmen des Projektes eMERGE vom *Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik* der TU Berlin Regulierungsmodelle speziell für halböffentliche Ladeinfrastruktur identifiziert und hinsichtlich ihrer Eignung auf Basis von Erkenntnissen der Neuen Institutionenökonomie (NIÖ) untersucht. Dabei werden Interdependenzen zum Bedarf, Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur in weiteren Bereichen (z. B. öffentlicher und privater Bereich) mitberücksichtigt.

AP 500 - Nutzerverhalten

Die Bedeutung der Analyse des Nutzerverhaltens ergibt sich aus der Tatsache, dass der Markterfolg technologischer Innovationen nicht mehr allein vom Produktverkauf determiniert wird, sondern primär durch die tatsächliche Nutzung der Produkte durch die Nachfrager bestimmt wird.

Mit Blick auf eMERGE sind insbesondere folgende Fragestellungen von Interesse:

- Welche Kundengruppen existieren über diejenigen hinaus, die im Flottentest als Innovatoren erfasst werden können?
- Welche Anforderungen und Bedürfnisse haben die Kunden an Fahrzeug (AP 200), Energie (AP 300) und Verkehr (AP 400) im Kontext von gesteuertem Laden und tariflichen Anreizsystemen?
- Welche Steuerungsmechanismen (Tarife) können eingesetzt werden und wie wirken diese?
- Was muss fahrzeugseitig, energieseitig und verkehrsseitig geboten werden, damit Elektromobilität von einer ausreichend großen Gruppe der Nachfrager genutzt wird?



Abb. 6: Relevante Fragestellungen im Bereich Nutzerverhalten

Die Antworten auf diese Fragen geben einen umfassenden Einblick in die Fragestellung, wie die Schnittstelle zwischen Auto und Ladeinfrastruktur aus Nutzersicht gestaltet werden muss und welche Tarifmodelle wirkungsvoll eingesetzt werden können. Dabei ermöglicht die Integration der Perspektiven Fahrzeug, Energie, Verkehr und Nutzer die gesamthafte Betrachtung von Einflussfaktoren auf die Entscheidungspro-

zesse der Nutzer (AP 600). Erforderlich ist zudem die Berücksichtigung genereller Perspektiven der Nutzer im Hinblick auf Wahrnehmung und Nutzung der Elektromobilität, insbesondere auch um gesamthafte Trade-off-Beziehungen zwischen den Hauptdomains abzuleiten. Diese stellen dann eine Grundlage zur Ableitung geschäftsfeldnaher Modelle (AP 700) dar.

Die Beantwortung der oben genannten Fragestellungen wird mittels sowohl qualitativer als auch quantitativer Befragungen im Rahmen des Flottentests (AP 800) sowie durch weitere Untersuchungen im Rahmen des Projekts sichergestellt:

- Generierung von Nutzerprofilen auf Basis von "stated preferences"
- Ermittlung von Nutzenbeiträgen und Trade-offs durch Conjoint Analysen im Laborexperiment
- Validierung der gewonnenen Erkenntnisse im Feldtest
- Ermittlung von Verhaltensveränderungen im Zeitablauf durch periodische Befragungen, Data-Logger und Fahrtenbücher.

AP 600 - Integration und Harmonisierung

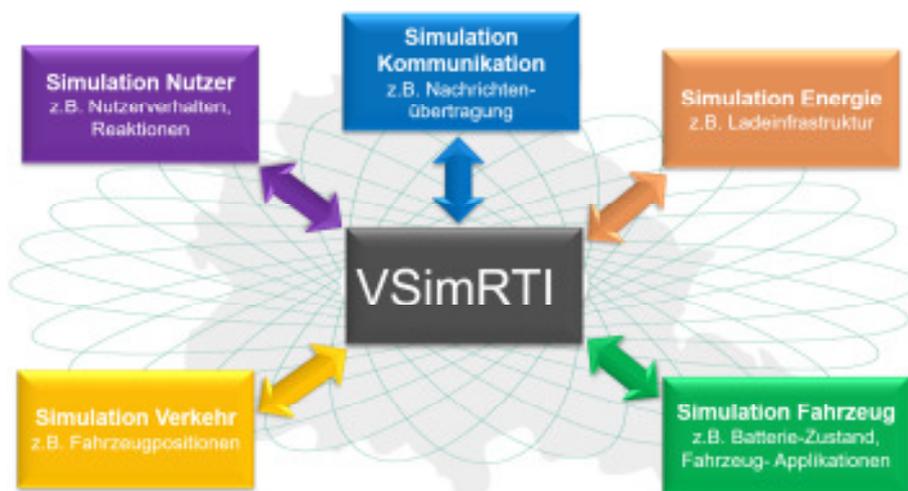


Abb. 7: Simulationsarchitektur VSimRTI zur ganzheitlichen Betrachtung der Elektromobilität

Die fünf Domänen Verkehr, Fahrzeug, Energie, Kommunikation und Nutzer sind in Bezug auf Elektromobilität in besonderer Weise verknüpft. Es bestehen spezifische Steuerungsinstrumente und Leistungsindikatoren - Interdependenzen, domänenfremde Wirkungen und Abhängigkeiten sind jedoch bisher weitestgehend vernachlässigt worden. Diese werden von Fraunhofer FOKUS untersucht, so dass ein Gesamtmodell daraus abgeleitet werden kann. Auf dessen Basis werden Abhängigkeiten quantifiziert und qualifiziert, sowie Wirkungsanalysen der Steuerungsinstrumente in Bezug zu allen fünf Domänen durchgeführt.

Als Ergebnis wird von Fraunhofer FOKUS die Simulationsumgebung VSimRTI weiterentwickelt, so dass sie die wesentlichen Aspekte der Elektromobilität realistisch abbilden kann. Durch die Verknüpfung spezifischer Simulatoren kann existierendes Domänenwissen genutzt werden und um neues Wissen aus dem Bereich Elektromobilität ergänzt werden. Somit entsteht eine neuartige Simulationsumgebung, die es erlaubt, verschiedenste Verkehrsszenarien detailliert zu untersuchen, um eine besonders komfortable Nutzung von Elektrofahrzeugen im Verkehr zu ermöglichen.

AP 700 - Geschäftsmodellierung

Ein Geschäftsmodell umfasst alle Aspekte, die eine nachhaltig erfolgreiche Unternehmenstätigkeit ermöglichen. Dazu zählen mit Bezug zur Elektromobilität die in der folgenden Tabelle charakterisierten Aspekte:



Abb. 8: Geschäftsmodelle der Elektromobilität

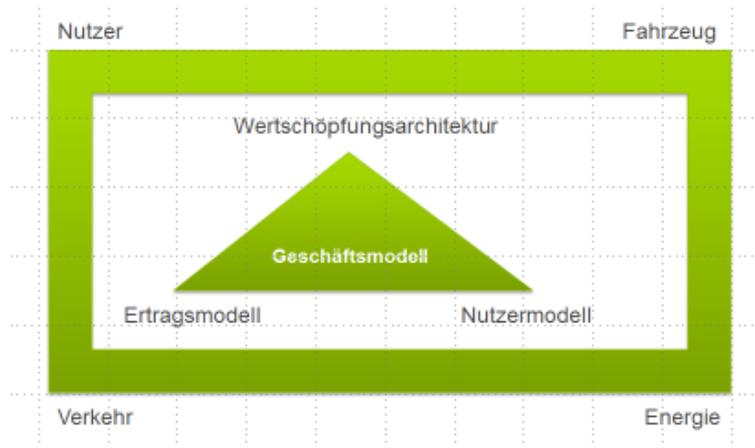


Abb. 9: Geschäftsmodell der Elektromobilität

Das Arbeitspaket umfasst die Entwicklung eines Marktmodells, aus dem die Vorteilhaftigkeit verschiedener technologischer, marktlicher und politischer Entwicklungen und die Anreizverträglichkeit der daraus resultierenden Geschäftsmodelle abgeleitet werden kann. Dabei sind die in der hier seitlich dargestellten Abbildung genannten Aspekte von Relevanz und werden - soweit wie möglich - in die zu modellierenden Prozessketten der Elektromobilität aufgenommen.

Im Kern werden somit vernetzte Geschäftsmodelle zu einem Marktmodell verknüpft, wobei Kundensegmente und deren spezifische Nutzerprofile, Fahrzeughersteller, Dienstleister für die Fahrzeugaufladung, Netunternehmen, Serviceprovider im Fahrzeugbereich, OEM und politische Akteure (Regulierungen und Anreizsetzungen) einbezogen werden sollen. Die Vernetzung der Geschäftsmodelle entlang der Wertschöpfungskette der Elektromobilität wird durch ein aktivitätsanalytisches Marktmodell sichergestellt, das die Modellierung mehrstufiger Prozessketten erlaubt. Das Marktmodell ermöglicht es, Gewinne (De-

ckungsbeiträge) abhängig von den angebotenen Aktivitäten auszuweisen und so Win-Win-Situationen sowie realistische (anreizkompatible) Marktszenarien entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Elektromobilität zu ermitteln. Wesentliche Elemente des Marktmodells sind in der hier seitlich dargestellten Tabelle:

Das Teilmodul zeichnet sich nicht nur durch die vernetzte Geschäftsmodellierung durch einen hohen Innovationsgrad aus.

Bislang existiert darüber hinaus noch kein (uns bekanntes) Modell, das eine durchgehende Modellierung von Prozessketten vornimmt und damit die ganzheitliche wirtschaftliche Beurteilung von Elektromobilitätskonzepten erlaubt.

Das AP 700 soll zur Beantwortung der folgenden Fragen einen wesentlichen Beitrag leisten:

1. Welche wirtschaftlichen Faktoren sind für die Einführung von Elektromobilitätskonzepten erfolgskritisch? Gibt es vorhersehbare Entwicklungsdynamiken?
2. Welche Ergebnisse unter Berücksichtigung akteursbezogener, technologischer, ökonomischer, umweltbezogener und sozialer Aspekte liefern die eingesetzten Methoden, wenn verschiedene Kombinationen von Fahrzeugsystemen und infrastrukturellen Maßnahmen beurteilt werden?
3. Welche Handlungsimplicationen lassen sich daraus für die weiteren technologischen Entwicklungen und deren Marktchancen ableiten?
4. Welche akteursbezogenen Geschäftsmodelle resultieren aus den Ergebnissen des Marktmodells und wie lassen sich diese etablieren?
5. Welche technologischen Disruptivitäten würden die Ergebnisse und daraus abgeleitete Handlungsempfehlungen in Frage stellen?

AP 800 - Flottentest

Im Rahmen des Projekts eMERGE findet bis Mitte 2015 ein Feldtest mit bis zu 175 smart fortwo electric drive statt. Daimler ist für die Bereitstellung der eingesetzten Fahrzeuge sowie die Erfassung von Fahr- und Ladedaten für die Evaluierung des Feldtests verantwortlich. So werden beispielsweise technische Daten wie Ladedauer oder Ladehäufigkeit anonymisiert erfasst und ausgewertet sowie Kundenbefragungen mit den Teilnehmern durchgeführt.



>> Einfach ausfüllen, abgeben – und los geht's!

Vielen Dank für Ihr Interesse an eMERGE. Zur Prüfung der Teilnahmevoraussetzungen benötigen wir von Ihnen einige grundlegende Angaben. Darüber hinaus möchten wir Sie gerne kontaktieren, um Ihnen Details des Projekts und Ihrer möglichen Teilnahme zu erläutern.

Bitte füllen Sie die nachfolgenden Felder vollständig aus und geben Sie die Karte in Ihrem smart center ab – Ihr Ansprechpartner wird alles Weitere veranlassen.

Ich habe Interesse, mit dem smart fortwo electric drive am Förderprojekt eMERGE teilzunehmen.
 telefonisch per E-Mail

Name/Vorname: _____
 Adresse: _____
 E-Mail: _____
 Telefonnummer: _____

Der eMERGE-Logosponsor:
 Universität Siegen, Mercedes-Benz, Bielefeldstraße 2,
 57060 Siegen, Tel.: 0271 314 - 2230, Fax: 0271 314 - 2726,
 E-Mail: MER@uni-siegen.de

Weitere Informationen erhalten Sie unter:
www.emerge-projekt.de

* Diese Karte wurde in der eMERGE-Phase erstellt. Sie ist nicht für andere Zwecke geeignet.

Abb. 10: Flyer zum eMERGE Flottentest

Projektstrukturplan

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Arbeitspakete / Unterarbeitspakete sowie den jeweils verantwortlichen Partner und die einbezogenen Partner:

		Beschreibung	Partner		
			Verantwortlich	Mitarbeit	
Voraussetzungen für Flottentest	1 00	Projektadministration und Reporting	Daimler		
		110	Projektadministration und Reporting	Daimler	Alle
	200	Fahrzeugseitige Anforderungen	Daimler		
		210	Fahrzeugseitiges Testen der Ladekommunikation für den Feldversuch	Daimler	-
		220	Testkonzept und -methodik für den Feldversuch	Daimler	-
		230	Fahrzeugseitige Optimierung des Ladevorgangs auf Basis intelligenter Ladekommunikation	Daimler	-
	300	Energieseitige Anforderungen	RWE		
		310	Implementierung des Kommunikations-Standards	RWE	-
		320	Lademanagement unter Berücksichtigung von Netz-, Batterie- und Nutzerprämissen	RWE	-
		330	Testen im Rahmen des Feldversuchs	RWE	Daimler
	400	Verkehrsseitige Anforderungen	PTV		
		410	Inhaltliche Verzahnung, Schnittstellen, Daten- und Informationsaustausch	PTV	-
		420	Verkehrliche Anforderungen, Bedarf an öffentlicher / halböffentlicher Ladeinfrastruktur	PTV	TU Berlin
		430	Konzepte und Regelsetzung / Regulierung für halböffentliche Ladeinfrastruktur	TU Berlin	PTV
		440	Übergreifende Beurteilung des Bedarfs an halböffentlicher Ladeinfrastruktur und diesbezüglicher Regulierungsoptionen	PTV	TU Berlin
	500	Nutzerverhalten	Universität Siegen		
		510	Aufbereitung vorliegender Ergebnisse zum Nutzerverhalten	Uni Siegen	-
		520	Erarbeitung von Nutzerprofilen	Uni Siegen	-
		530	Erhebung der Nutzerprofile in Laborexperimenten	Uni Siegen	RWTH
		540	Feldexperimente zur Validierung von Nutzerprofilen	Uni Siegen	Daimler, RWTH

	550	Längsschnittanalyse des Nutzerverhaltens	Uni Siegen	Daimler, FOKUS
	560	Integration und Interpretation der Nutzerprofile und Verhaltensreaktionen unter Berücksichtigung der langfristigen Entwicklung	Uni Siegen	-
Untersuchung von Parameterveränderungen und Geschäftsmodellierung	600 Integration und Harmonisierung		Fraunhofer FOKUS	
	610	Integration von Anforderungen, Zielen, Performance-Indikatoren und Steuerungsinstrumente und Modellbildung	FOKUS	PTV, Daimler, Uni Siegen, RWE
	620	Umgebung zur Simulation integrierter Ansätze der Elektromobilität	FOKUS	PTV
	630	Entwicklung von Optimierungsverfahren	FOKUS	RWTH
	640	Simulationsdurchführung und Evaluierung	FOKUS	Daimler
	650	Systemintegration	FOKUS	Daimler, RWE
	700 Geschäftsmodellierung		RWTH Aachen	
	710	Aufstellung des Grundmodells	RWTH	-
	720	Abstimmung von Datenanforderungen und Austausch von Daten	RWTH	-
	730	Erhebung der für die Marktmodellierung relevanten (alternativen) Prozessketten inklusive der vorhandenen Substitutionsmöglichkeiten	RWTH	Uni Siegen, FOKUS
	740	Wirtschaftliche Bewertung von Aktivitäten innerhalb der Prozesskette unter Einbeziehung der Nutzeraspekte	RWTH	Uni Siegen
	750	Modellierung möglicher Marktentwicklungen	RWTH	-
	760	Kopplung der Modelle und Abgleich mit dem realen Nutzerverhalten	RWTH	FOKUS
	770	Ableitung von Geschäftsmodell-alternativen entlang der Wertschöpfungskette der Elektromobilität	RWTH	-
Flottentest	800 Flottentest Rhein/Ruhr und Berlin		Daimler	
	810	Aufbau und Verkauf der smart fortwo electric drive	Daimler	-
	820	Datenerfassung in Kundenfahrzeugen	Daimler	Uni Siegen
	830	Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur für Endkunden	RWE	Daimler
	840	Einsatz einer RWE-Mitarbeiterflotte über zwei Anwendungsfälle	RWE	Daimler

Tab. 1: Projektstrukturplan

1.2.2 Zeitplan und Meilensteine

Die ursprüngliche Projektlaufzeit von eMERGE lautete auf 01. Juli 2012 bis 31.12.2014. Aufgrund des späten Eingangs der Zuwendungsbescheide im Dezember 2012 verständigten sich die Projektpartner darauf, eine kostenneutrale Projektverlängerung von sechs Monaten zu beantragen; denn nicht alle Partner konnten aufgrund der Situation gleich im Juli 2012 mit vollem Ressourceneinsatz in das Projekt starten. Nach Genehmigung der Projektverlängerung im April 2013 hatte eMERGE eine Laufzeit bis 30. Juni 2015. Die Zeitpläne und Meilensteine wurden dementsprechend angepasst. Im Januar 2013 haben die Projektpartner die Arbeit an eMERGE in vollem Umfang aufgenommen. Für das Gesamtprojekt kann festgehalten werden, dass die Projektaktivitäten planmäßig verliefen.

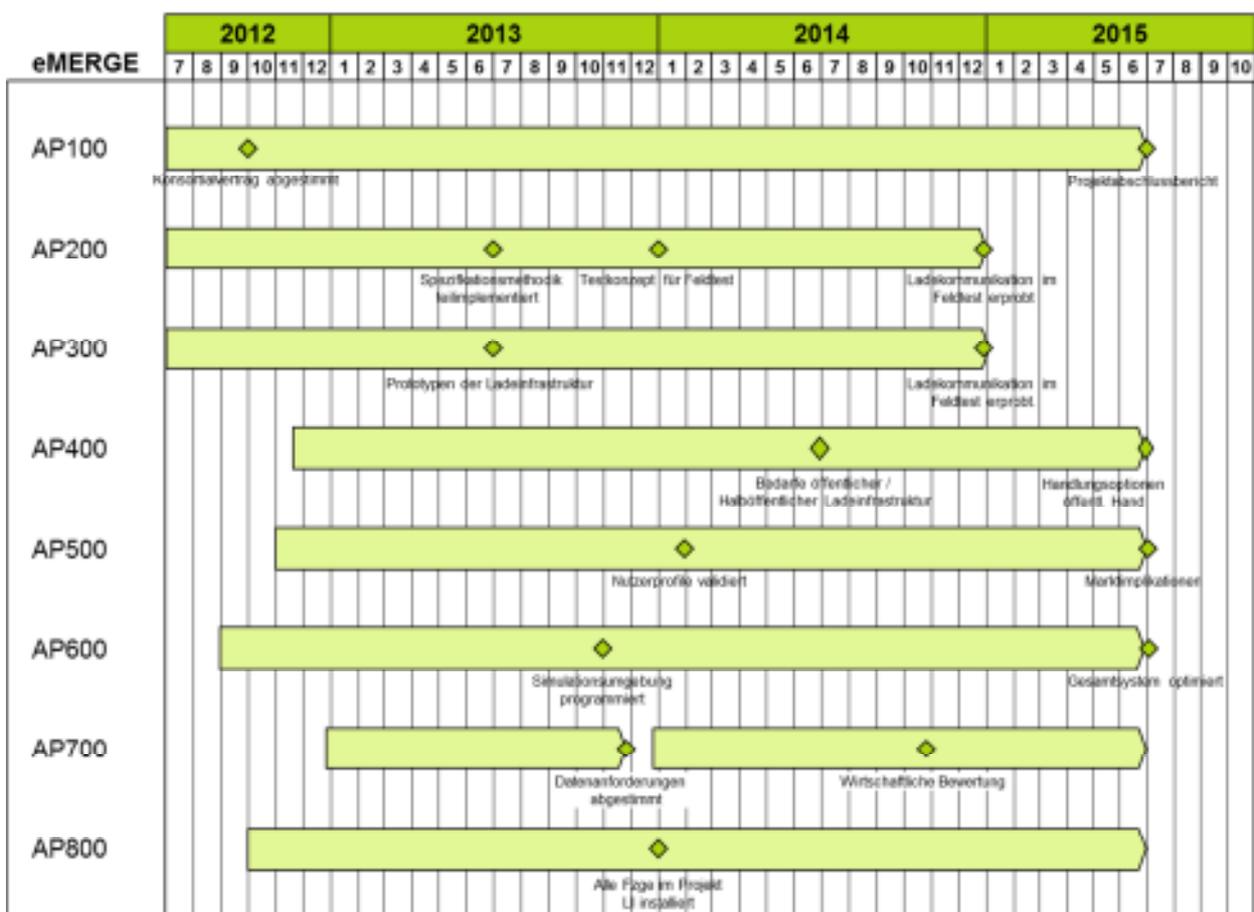


Abb. 11: Projektzeitplan und Meilensteine

1.3 Projektpartner und Themenschwerpunkte

Das Projektkonsortium setzt sich aus sieben Partnern



aus Industrie, Energieversorgung und Wissenschaft zusammen, die ihre Kompetenz aus komplementären Bereichen einbringen. Entsprechend dieser führen sie folgende Aktivitäten durch:

Partner	Themenschwerpunkte
 	<p>Flottentest</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daimler – Privat- und Geschäftskunden (Endkunden) • RWE - Firmenflotte <p>Ladekommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entwickeltes und optimiertes Testkonzept zur fehlerfreien Funktionalität des Fahrzeugs bei der Kommunikation mit der Ladeinfrastruktur • Testautomatisierungstool zur Verbesserung der Testsystemschnittstelle für die Absicherung der Smart-Charge-Communication zwischen Fahrzeug und Ladesäule • Rückspiegelung von Ergebnissen aus dem Feldversuch in die ISO 15118 User Group als Themenspeicher für die weitere Standardisierung der Ladekommunikation. • Erprobung von Plug&Charge bei Teilnehmern mit PV-Anlage vor Ort brachte viele Erkenntnisse für zukünftige Systemstabilität auf Auto und Ladesäulenseite • Steuerung der Fahrzeuge für optimierte CO2 wurde getestet – keinerlei Nutzungseinschränkungen
	<p>Vernetzte Elektromobilität</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung einer Smartphone-basierten App, die Nutzern von Elektrofahrzeugen automatisierte Ladesäulen-Reservierungen ermöglicht und gesteuerte Ladevorgänge unterstützt. • Großflächige simulative Untersuchung (Bundesländer Berlin und Brandenburg), welche Vorteile automatisierte Ladesäulen-Reservierungen für Nutzer und Energienetzbetreiber bringen. Untersuchte Nutzergruppen: Carsharing-Nutzer/Weitpendler • Entwicklung einer Tablet-App, mit der die eMERGE-Teilnehmer auf Knopfdruck Bewegungsdaten zu einer Fahrt erstellen und Feedback zu ihrem Fahrerlebnis geben können. Die Ergebnisse werden verschlüsselt auf den Server übertragen und automatisiert für die Auswertung im Projekt vorbereitet.



Bedarfsermittlung der Ladeinfrastruktur

- Ermittlung des Bedarfs an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur für Berlin im Jahr 2025
- Verortung der Ladeinfrastruktur innerhalb des Stadtgebietes
- Erzeugung und Darstellung von Touren ausgewählter, potenzieller Nutzer von Elektrofahrzeugen mit Hilfe der Verkehrsmodellierungssoftware VI-SUM



Geschäftsmodelle für die eMobilität

- Erarbeitung eines Geschäftsmodells zur Nutzung der Lithiumionen Batterie aus dem Elektrofahrzeug auf einem Zweitmarkt „secondary life of battery“
- Modellierung möglicher Entwicklungen der Nachfrage von Elektroautos in Abhängigkeit von vier Einflussfaktoren (Geschäftsmodelle, staatliche Anreize, technische Möglichkeiten und Lademöglichkeiten)
- Erarbeitung von Pricing Strategien und Investitionsanreizen im halb-öffentlichen Raum für Elektrofahrzeuge



Regulierung

- Konzeptionelle Überlegungen zur Bedeutung speziell halböffentlicher Ladeinfrastruktur
- Systematisierung und Analyse von Regulierungsmodellen für Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Raum



Nutzerprofile und Akzeptanzmessungen zur eMobilität

- Clusteranalyse zur Zielgruppenbestimmung
- Conjointanalyse zur Präferenzbestimmung
- Längsschnittanalyse der Flottenteilnehmer zur Analyse der Änderungen des Nutzerverhaltens im Zeitverlauf
- Integration und Interpretation der Nutzerprofile und Verhaltensreaktionen unter Berücksichtigung der langfristigen Entwicklung

Daimler AG

Als Pionier des Automobilbaus gestaltet die *Daimler AG* auch heute die Mobilität der Zukunft. Dabei basiert die Antriebsstrategie des Unternehmens auf einem dreigliedrigen Ansatz. Dazu gehören effiziente High-Tech Verbrennungsmotoren und deren konsequente Hybridisierung ebenso wie Elektrofahrzeuge mit Batterie oder Brennstoffzelle. So bietet das Unternehmen maßgeschneiderte Lösungen für alle Mobilitätsanforderungen.

Mit insgesamt neun Fahrzeugmodellen verfügt *Daimler* über ein einzigartiges Spektrum an lokal emissionsfreien Fahrzeugen mit Batterie oder Brennstoffzelle. Es reicht vom ebike über Pkw, Transporter und leichten Lkw bis hin zum Bus. Neuestes Modell seit 2014 ist die Mercedes-Benz B-Klasse Electric Drive. Zudem verfügt die Daimler AG noch über drei Plug-In Fahrzeuge im Portfolio.

Im Hinblick auf die Mobilität der Zukunft verfolgt *Daimler* einen ganzheitlichen Ansatz. Das Unternehmen engagiert sich als Teil von Förder- und Demonstrationsprojekten auch beim Folgeprojekt zu eMERGE: eMERGE II.

Für das Projekt eMERGE stellte *Daimler* 146 smart fortwo electric drive zum Kundeneinsatz zur Verfügung und sammelte damit Erfahrungen zur Optimierung des Ladevorgangs. Die Teilnehmer erreichten mit Ihren Fahrzeugen mehr als eine Millionen elektrisch gefahrene Kilometer.



Darüber hinaus stellte *Daimler* Fahr- und Ladedaten für die Evaluierung des Feldtests bereit und sorgte für die fehlerfreie Ladekommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur bei intelligentem Laden.

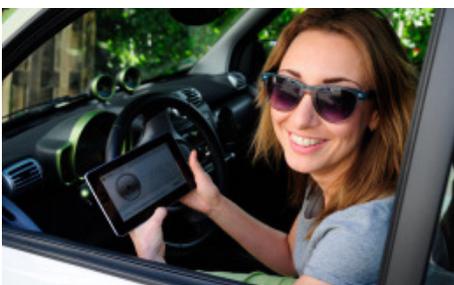
Daimler erprobte gemeinsam mit *RWE* die sogenannte Vehicle-to-Grid-Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur. Damit die komplexe Kommunikation funktioniert, müssen Fahrzeug und Infrastruktur genauestens aufeinander abgestimmt sein. Hierzu verfeinerten *Daimler* und *RWE* die Testmethodik

und -durchführung für die Kommunikation auf Fahrzeug- und Infrastrukturseite und leisten damit einen wichtigen Beitrag, um in Zukunft intelligentes Laden von Elektrofahrzeugen zu ermöglichen.

Basierend auf einer fehlerfreien Kommunikation wird ein fundiertes und übertragbares Konzept entwickelt, um den Ladevorgang weiter zu optimieren und den Nutzern künftig noch mehr Komfort bieten zu können.

Fraunhofer FOKUS

Fraunhofer FOKUS entwickelt herstellerneutrale Lösungen für die IuK-Systeme der Zukunft. Das Berliner Institut erforscht, welchen Beitrag Information und Kommunikation leisten müssen, um das Zusammenleben komfortabler und sicherer zu gestalten und adressiert dabei wichtige Herausforderungen der gesellschaftlichen Entwicklung und der smarten Städte von morgen. Dazu zählen vor allem der Zugang zu Informationen, der nachhaltige und wirtschaftliche Umgang mit Ressourcen, vernetzte Mobilität und eine moderne öffentliche Verwaltung. Im Rahmen seiner Forschungsarbeit schlägt *Fraunhofer FOKUS* Brücken zwischen Unternehmen, öffentlicher Verwaltung, Nutzern und Bürgern.



In eMERGE analysiert *Fraunhofer FOKUS* gemeinsam mit den Projektpartnern "Elektromobilität" ganzheitlich unter Berücksichtigung aller beteiligten Sektoren vom Fahrzeug, über Energie, Verkehr und schließlich Nutzern / Kunden. *Fraunhofer FOKUS* bringt mit seinen Simulationserfahrungen und dem Simulationstool VSimRTI die Kompetenz in das Projekt ein, mit deren Hilfe diese Dimensionen technisch integriert werden können. Das bedeutet, dass verschiedene Szenarien simuliert werden, in denen Querabhängigkeiten und Interdependenzen zwischen den Dimensionen erwartet bzw. angenommen werden. So

wurde z. B. von *Fraunhofer FOKUS* eine Smartphone-basierte App entwickelt, die sowohl automatisierte Ladesäulen-Reservierungen ermöglicht als auch gesteuerte Ladevorgänge unterstützt. In großflächigen Simulationen, die die Bundesländer Berlin und Brandenburg einschließen, wurde die Wirkungsweise dieser App untersucht und die Vorteile für die Nutzer ermittelt.

PTV Group



Die *PTV Group* bietet Software und Consulting für Verkehr, Transportlogistik und Geomarketing. Seit vielen Jahren nehmen Mitarbeiter der *PTV Group* aus den verschiedensten Fachrichtungen - Planer und Softwareentwickler - an nationalen und internationalen Forschungsprojekten teil, um Konzepte, Strategien und Modelle für eine zukunftsfähige Mobilität zu entwickeln. Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten fließen in die kontinuierliche Weiterentwicklung der Produkte sowie die Beratungsleistungen für Kunden ein. Mehr als 600 Mitarbeiter arbeiten an verschiedenen Standorten an leistungsstarken und zukunftsweisenden Lösungen.

Der Auf- und Ausbau von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge wird als Voraussetzung gesehen, die Alltagstauglichkeit von Elektrofahrzeugen zu gewährleisten und die Durchdringung von batteriebetriebenen Fahrzeugen innerhalb der Flotte zu steigern.

Innerhalb des Forschungsvorhabens ermittelt die *PTV* den Bedarf an öffentlichen und halböffentlichen Ladepunkten für das Jahr 2025 im Raum Berlin analog zur angenommenen Entwicklung der Elektromobilität. Für zwei Entwicklungspfade (Szenarien) wird der Ladeinfrastrukturbedarf im Stadtgebiet bedarfsgerecht verortet. Ein weiterer Fokus der Arbeiten liegt in der Erzeugung und Darstellung von Touren ausgewählter potenzieller Elektrofahrzeugnutzer. Diese agentenbasierten Einzeltouren werden mit Hilfe der prinzipiell makroskopischen Verkehrsmodellierungssoftware VISUM umgelegt und dargestellt.

RWE Effizienz GmbH



RWE versorgt über 16 Millionen Stromkunden und mehr als sieben Millionen Gaskunden zuverlässig und zu fairen Preisen mit Energie und gehört zu den führenden Strom- und Gasversorgern Europas. Zusätzlich bietet *RWE* ein breites Spektrum „smarter“ Produkte für Privat-, Geschäftskunden und Stadtwerke und steht dadurch nicht nur für Versorgungssicherheit sondern zunehmend für Innovation. In den letzten Jahren hat *RWE* 500 Mio. Euro in Energiedienstleistungen und Infrastruktur für Energieeffizienz investiert. Diese Aktivitäten haben dazu beigetragen, dass *RWE* im Innovationsindex der *European School of Management and Technology* in Europa Platz 3 und in Deutschland Platz 1 belegt.



Die *RWE Effizienz* bündelt die Aktivitäten des Konzerns im Bereich Energieeffizienz und E-Mobilität. Sie unterstützt Kunden dabei, Kosten zu sparen und die Umwelt zu schonen. Von der Elektromobilität bis hin zur Hausautomatisierung setzt *RWE Effizienz* durch innovative Ansätze neue Produkt-Standards.

Somit ist die *RWE Effizienz* im *RWE* Konzern zur Anlaufstelle für die Antworten von morgen geworden.

Im vorliegenden Projekt betreute die *RWE Effizienz GmbH* insbesondere den Bereich Infrastruktur, Lade- und energiewirtschaftliche Anwendungskonzepte sowie Querschnittsthemen wie die Integration Erneuerbarer Energien, Abrechnungssysteme und IKT. Außerdem beteiligte sich *RWE* mit der Erprobung einer

kleinen Mitarbeiterflotte, insbesondere im Hinblick auf die anwenderverträgliche Integration der Fahrzeuge in das Energienetz.

Die *RWE Effizienz* brachte in das Projekt schon bestehende Ladeinfrastruktur ein, die u.a. auch in Projekten der Modellregion Rhein-Ruhr aufgebaut wurden. Außerdem wurde das bestehende Ladeinfrastrukturmanagementsystem als Ausgangsbasis für die zu entwickelnden Anwendungen und IT-Systeme genutzt. Zusätzlich konnte das bereits in anderen Forschungsprojekten wie z. B. Open ECOSPHERE, metropol-E oder eNterop erlangte Wissen bei der Erarbeitung des Themenfeldes Infrastruktur sowie für die Erstellung der Lade- und Anwendungskonzepte genutzt werden.

RWTH Aachen University - Lehrstuhl für Controlling

Die *RWTH Aachen University* ist als eine von elf Exzellenzuniversitäten auf die Erforschung von Zukunftsthemen ausgerichtet. Der *Lehrstuhl für Controlling* ist in zahlreiche Drittmittelprojekte eingebettet, die vom Anlaufmanagement bis zum Demografiecontrolling reichen. Ein Schwerpunkt des Lehrstuhls bildet die Entwicklung und Vernetzung von Geschäftsmodellen entlang durchgängiger Wertschöpfungsketten insbesondere in der Automobilindustrie.



Im Projekt eMERGE wurden Geschäftsmodelle entwickelt, wobei Kundensegmente und deren spezifische Nutzerprofile, Fahrzeughersteller, Dienstleister für die Fahrzeugaufladung, Netzunternehmen, OEM und politische Akteure (Regulierungen und Anreizsetzungen) einbezogen wurden. Die Vernetzung der Geschäftsmodelle der einzelnen Glieder der Wertschöpfungskette der Elektromobilität wurde durch ein aktivitätsanalytisches Marktmodell sichergestellt, das die Modellierung mehrstufiger Prozessketten erlaubte.

Das Arbeitspaket „Geschäftsmodellierung“ lieferte wichtige allgemeine Erkenntnisse, die kontextspezifisch für verschiedene technische Lösungen, Tarifsysteme und Marktentwicklungen (z. B. Zweitnutzung einer Batterie) betrachtet werden können.

Somit wurden nicht nur für das Forschungsprojekt wichtige Inputs geliefert, sondern auch vielversprechende Geschäftsmodelle für Investoren, Anbieter und Nutzer der Elektromobilität erarbeitet.

TU Berlin - Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP)

Das *Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP)* ist Bestandteil des Instituts für Volkswirtschaftslehre und Wirtschaftsrecht an der Fakultät Wirtschaft und Management der Technischen Universität Berlin. *WIP* beschäftigt sich in Lehre und Forschung mit der ökonomischen Analyse der Planung, Organisation, Regulierung und Finanzierung von Infrastrukturen, mit dem Wettbewerbsverhalten von Unternehmen, die Infrastrukturen nutzen, sowie mit der Integration von ökologischen Gesichtspunkten in die Infrastrukturpolitik. Im Vordergrund stehen die Infrastrukturektoren Verkehr, Energie, Telekommunikation und Wasser sowie die Abfall- und Entsorgungswirtschaft. Bei den Analysen wird insbesondere auf die Erkenntnisse und Methoden der Industrie- und Institutionenökonomik sowie der Wohlfahrts- und Umweltökonomik zurückgegriffen.

Im Projekt eMERGE analysierte *WIP* die Bereitstellung von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge mit besonderem Fokus auf den halböffentlichen Raum. Ziel war die Herausarbeitung von Regulierungsmodellen und die Ableitung von Handlungsempfehlungen für die öffentliche Hand.

Universität Siegen - Lehrstuhl für Marketing

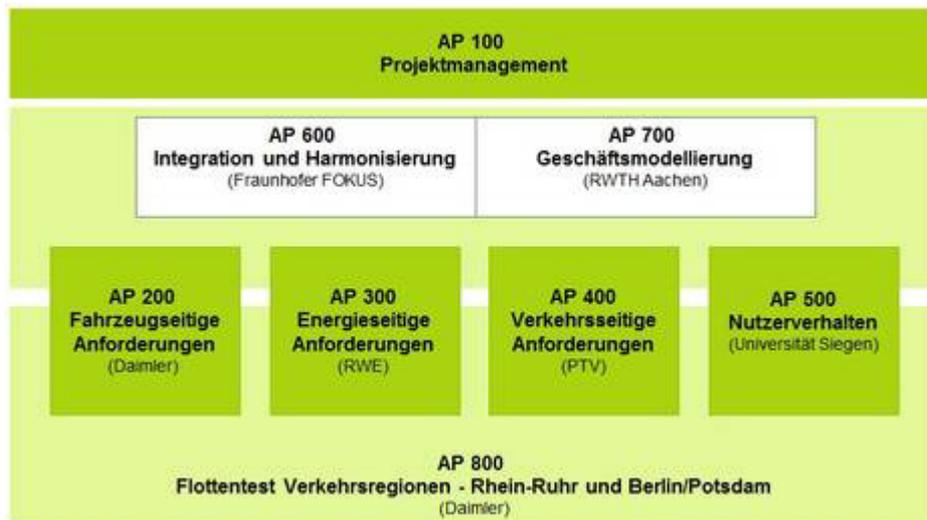
Die *Universität Siegen* ist eine junge moderne Hochschule im Zentrum des Dreiländerecks Nordrhein-Westfalen, Hessen und Rheinland-Pfalz. Unter dem Motto „Zukunft menschlich gestalten“ verfügt die Universität im Bereich der Forschung über ein breites Spektrum von Aktivitäten, die sowohl grundlagen- als auch anwendungsorientierte Forschung umfassen. Besonders ist hierbei die Förderung der transdisziplinären Forschung innerhalb der Universität und der Kooperationen mit anderen Hochschulen und Forschungszentren.

Die Forschung des *Lehrstuhls für Marketing* an der Universität Siegen ist stark praxisorientiert ausgerichtet und durchgehend empirisch angelegt und stellt die Ableitung von Managementimplikationen und damit die praktische Umsetzbarkeit in den Vordergrund.

Der *Lehrstuhl für Marketing* untersuchte im Rahmen von eMERGE das Nutzerverhalten. Im Mittelpunkt der Untersuchungen standen Aspekte des Ladevorgangs und der Verfügbarkeit der Ladeinfrastruktur von Elektrofahrzeugen. Zudem wurden Kenntnisse über die Preisbereitschaft, Tarifpräferenzen sowie die Akzeptanz und Wirkung von Abrechnungsmodellen in einem Gesamtkontext von Fahrzeug, Energie, Verkehr und Nutzung sondiert. Vor diesem Hintergrund wurden in Absprache mit den Projektpartnern Nutzerdaten in dem Flottentest erhoben und ausgewertet.

Eingehende Darstellung

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Arbeitspakete 200 bis 800 ausführlich beschrieben, anschließend Arbeitspaket 100. Auf die Kundenevents im Rahmen von eMERGE wird danach kurz eingegangen.



2 AP 200 - Fahrzeugseitige Anforderungen

2.1 Fahrzeugseitiges Testen der Ladekommunikation für den Feldversuch – AP 210

2.1.1 Ziel des Arbeitspakets

In diesem Arbeitspaket soll die fehlerfreie Funktionalität des Fahrzeugs bei der Kommunikation mit der Ladeinfrastruktur durch ein optimales Testkonzept sichergestellt und im Betrieb validiert werden.

2.1.2 Aktivitäten, Verlauf und Ergebnisse

Auf Basis der geplanten Implementierung der Schnittstelle für Intelligentes Laden (ISO/IEC 15118) wurden, abgeleitet von einzelnen Anforderungen an die Schnittstellenumsetzung, Testfälle initial erzeugt. Diese Testfälle beziehen sich auf alle Schichten der Softwarearchitektur (Physical Layer bis Application Layer) für sogenannte Modultests (einzelne Softwaremodule, die in Steuergeräten im Fahrzeug integriert werden), Komponententests (z. B. Fahrzeugsteuergeräte) bis hin zu Gesamtfahrzeugtests durch Kunden. Ende 2012 wurden erste Tests gegen eine Simulationsumgebung durchgeführt.

2013 wurden die Testfälle für die geplante Schnittstelle für Intelligentes Laden (gemäß ISO/IEC 15118) um die Umfänge der Ladeoptimierung erweitert. Diese wurden in Tests am Fahrzeug erprobt. Die Ergebnisse werden in den Abbildungen 12 und 13 dargestellt.

Abbildung 12 zeigt, dass sich die Leistung, welche das Fahrzeug plant von der Ladeinfrastruktur zu beziehen, durch die Leistungslimits der Ladeinfrastruktur bereits in der Planung begrenzt wird.

Die daraus resultierende Prognose des Ladezustandes der Batterie über der Ladedauer zeigt Abbildung 13. Damit kann der Nutzer des Fahrzeuges sehen, bis wann das Fahrzeug geladen ist.

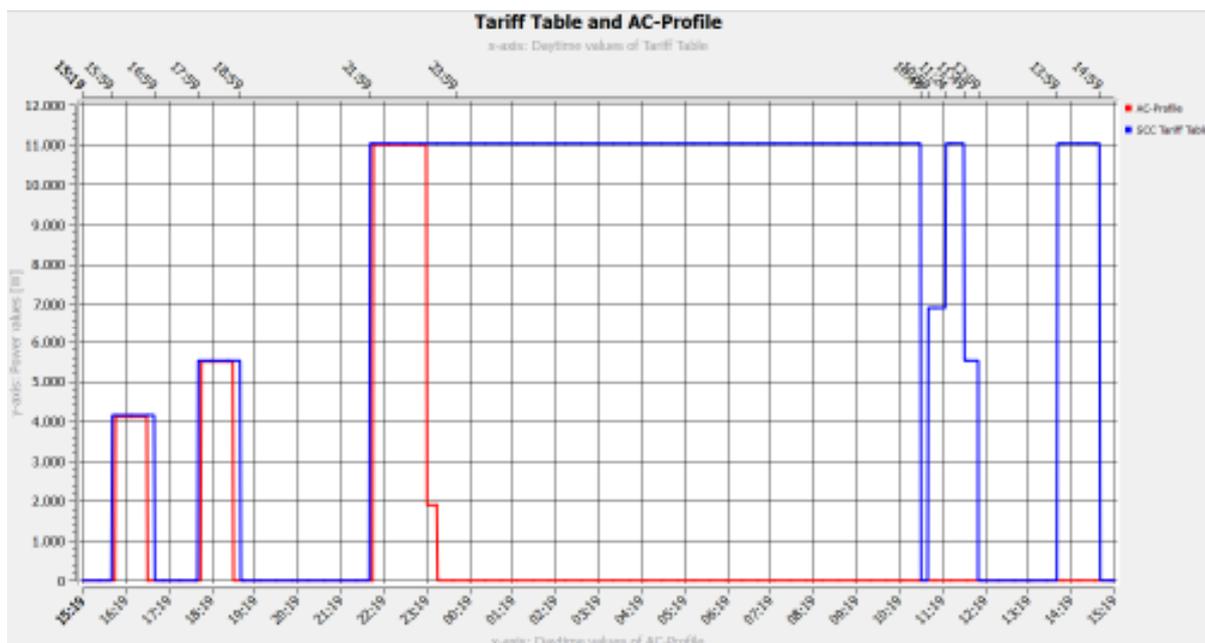


Abb. 12: Leistungsprofil des Ladevorgangs hält sich an die Leistungsvorgaben der Tariftabelle

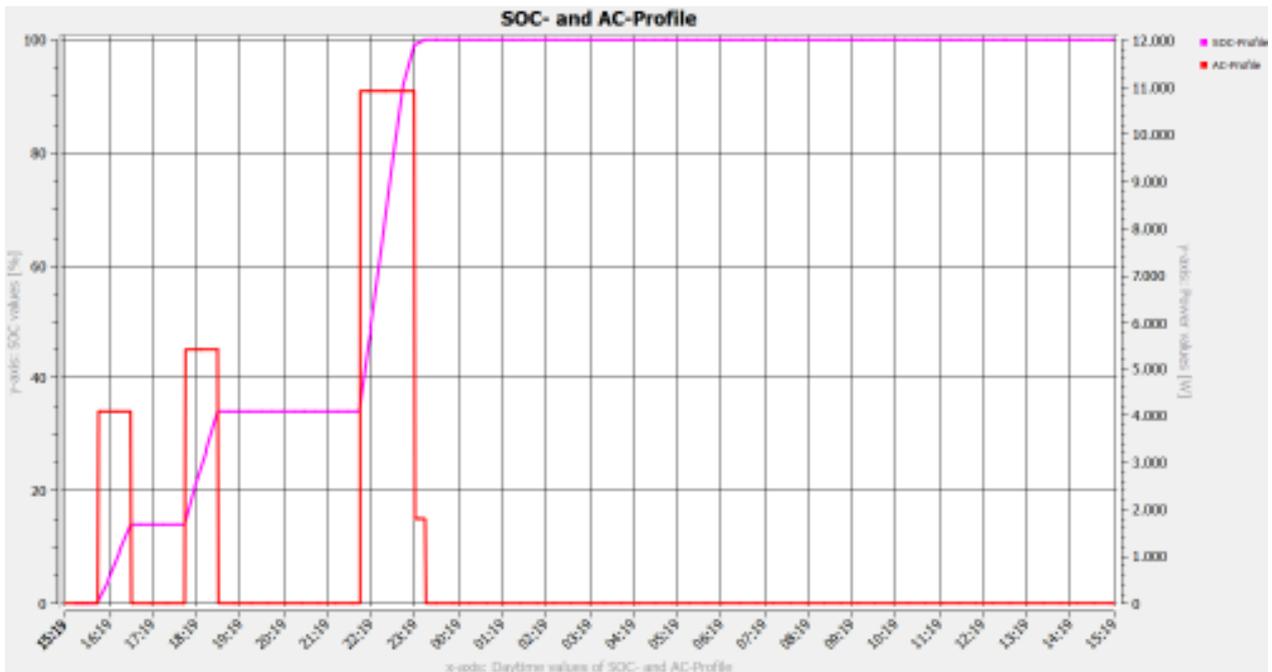


Abb. 13: Leistungsprofil des Ladevorgangs orientiert sich am Ladezustand der Batterie

Die während des Projekts umzusetzenden Anwendungsfälle wurden zwischen den Projektpartnern abgestimmt. Hierzu wurden insbesondere Details der geplanten Schnittstelle festgelegt und definiert.

Weil im Feldversuch vor allem die automatische Authentifizierung zwischen Fahrzeug und Ladeinfrastruktur verwendet und erprobt werden soll, wurden die entsprechenden Merkmale für die Authentifizierung bestimmt und dazu notwendige Prozesse definiert. Konkret wurde eine auf Zertifikate basierte, beidseitige Authentifizierung verwendet, die es erfordert, dass sowohl das Fahrzeug als auch die Ladeinfrastruktur korrekte Root Zertifikate kennen. Damit können die Zertifikate der jeweiligen Gegenstelle verifiziert werden. Hierauf aufbauend wird der Kommunikationskanal verschlüsselt. Innerhalb des verschlüsselten Kanals übermittelt das Fahrzeug ein Identitätsmerkmal, welches die Ladeinfrastruktur überprüft und damit die Energieübertragung zulässt oder ablehnt.

Hierzu lieferte Anfang 2013 RWE eine erste Implementierung der Ladeinfrastruktur, die für die Tests aller Kommunikationsschichten im Fahrzeug genutzt wurde.

Bis Ende 2013 wurden mehrere gemeinsame Tests durchgeführt. Die RWE Implementierung wurde weiterhin bei Daimler internen Erprobungsfahrten des *smart fortwo electric drive* verwendet um die Funktionalität abzusichern. Zusätzlich wurden auf Modul-, Komponenten- und Systemebene Testspezifikationen erstellt. Die Testergebnisse wurden als Input für Fehlerbehebungen und die Weiterentwicklung der intelligenten Ladekommunikation herangezogen.

Anfang 2014 wurde der Feldversuch konkretisiert und in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern RWE, Fraunhofer Fokus, Uni Siegen und RWTH Aachen abgestimmt. Dabei wurden die Gegebenheiten des Fahrzeugs, die Aspekte aus Ladeinfrastruktursicht und die Anforderungen aus Simulationsicht gegenübergestellt. Hieraus ergab sich ein 4-stufiges Konzept für den Feldversuch:

- Phase 1: Strategie: Fix mit Gesamtleistung für die Gruppe von 60kW - Laufzeit 1 Monat.
- Phase 2: Laden, wenn erneuerbare Energie verfügbar ist. Grundlage ist eine Prognose für das Rhein/Ruhr Gebiet, entweder Essen oder, da schon vorhanden, Standort Flamingo Weg.

- Phase 3: Laden mit fiktivem Preis bzw. Kosten, die CO2 Anteil repräsentieren, um unterschiedliche Netzsituation bei Tag und Nacht abzubilden. Kunden werden hierzu um Einverständnis gebeten.
- Phase 4: Inverse Ladekurve zu aktuellen Messungen bzw. gewerblicher Kunden mit Limitierung über Mittagszeit.

Im weiteren Verlauf von 2014 wurden die vier Stufen seitens RWE vorbereitet, und es wurden exemplarische Tests zur Absicherung der Fahrzeuge und des Ladesäulenverhaltens für die geplanten Lastmanagement Szenarien durchgeführt. Hieraus ergaben sich weitere Rahmenbedingungen, welche die Infrastruktur berücksichtigen muss, um die Szenarien mit dem *smart fortwo electric drive* zu realisieren.

Die Abbildungen 14, 15 und 16 zeigen, wie das Fahrzeug auf Änderungen der Ladesäule reagiert und jeweils den prognostizierten Ladeverlauf an die neuen Vorgaben der Ladesäule anpasst. Zur besseren Verständlichkeit wurde auch der in der Vergangenheit liegende Ladeverlauf dargestellt.

Für zukünftige Baureihen wurde die Fahrzeugimplementierung entsprechend angepasst, um diese Einschränkungen nicht mehr zu benötigen.

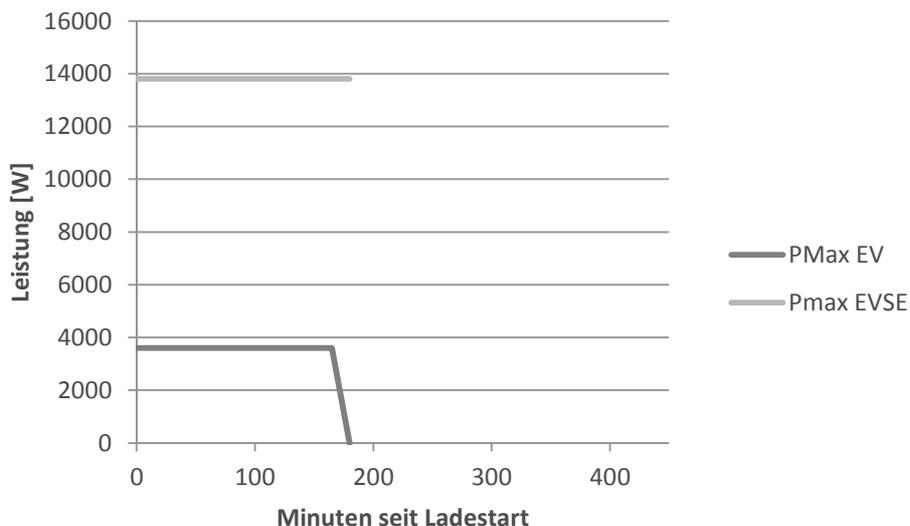


Abb. 14: Initiales Ladeprofil - keine Limitierung der Ladeleistung durch die Infrastruktur

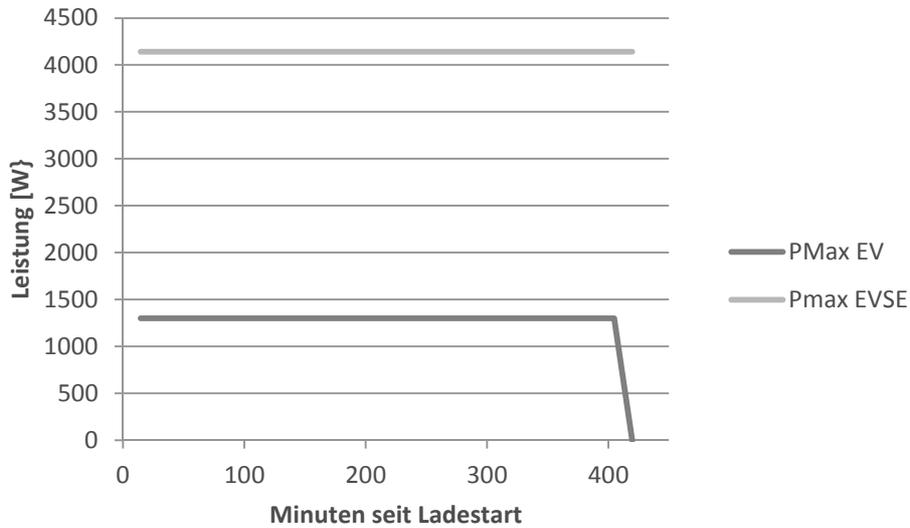


Abb. 15: Limitierung der verfügbaren Ladeleistung durch die Ladeinfrastruktur

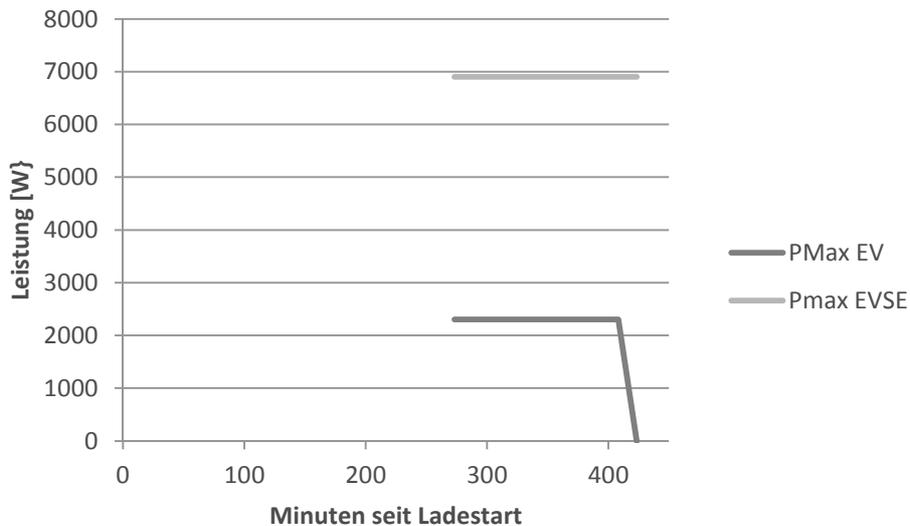


Abb. 16: Mehrfache Korrektur der verfügbaren Ladeleistung durch die Ladeinfrastruktur und entsprechende Reaktion des Fahrzeugs

2.1.3 Lessons Learned

Bei dem Feldtest, welcher im September 2014 startete, traten Probleme in der Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladeinfrastruktur auf, die so nicht vorhersehbar waren. Die häufigsten Probleme waren:

- Authentifizierung auf Fahrzeugseite war nicht erfolgreich;
- PLC Kommunikation kann nicht stabil aufgebaut werden;
- PLC Kommunikation kommt initial nicht zu Stande.

Die Ermittlung der Fehlerursachen gestaltete sich schwierig, weil teilweise Messungen vor Ort notwendig waren. Die Ursachen waren jeweils unterschiedlich und erforderten entweder fahrzeugseitige Maßnahmen wie Komponententausch, SW Reset bzw. SW Update, oder infrastrukturseitige Maßnahmen wie der Einbau von Filtern. Die Begleitung der Feldtestteilnehmer war dadurch bis zum Ende des Feldversuchs notwendig.

Die Erkenntnisse, insbesondere zur Fehleranalyse, fließen in die Weiterentwicklung der intelligenten Ladekommunikation ein. Konkret werden die Funktionen zur Erkennung eines Kommunikationsfehlers in den oben aufgeführten fahrzeugbezogenen Fällen erweitert und die zum Fehler gespeicherten Informationen ergänzt, so dass eine Fehlerursache zukünftig eindeutig ermittelt werden kann.

2.2 Testkonzept und -methodik für den Feldversuch – AP 220

2.2.1 Ziel des Arbeitspakets

In diesem Arbeitspaket soll ein Review der Ladesystem-Spezifikation hinsichtlich der Testbarkeit durchgeführt werden. Die Optimierung des Testkonzepts für die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladeinfrastruktur soll als Input dienen für spätere Konformitätstests mit Fokus auf die fahrzeugseitige Implementierung aber auch das Zusammenspiel zwischen Fahrzeug und Ladeinfrastruktur.

2.2.2 Testspezifikation

Detaillierte Ist-Analyse der bereits existierenden Daimler-internen Entwicklungsartefakte im Kontext „Smart Charging“; insbesondere Systemlastenheft und Testspezifikation:

- Prüfung/ Review Systemlastenheft „Smart Charging“ bzgl. Konformität zu internen Daimler-Standard (z. B. DOORS-basiertes Systemlastenheft-Template);
- Detaillierte Analyse der Anforderungen des Systemlastenhefts „Smart Charging“ bzgl. Testbarkeit;
- Messung des Ist-Stands der Anforderungsüberdeckung zwischen Systemlastenheft und Testspezifikation „Smart Charging“;
- Prüfung/ Review der Testfallspezifikation „Smart Charging“ bzgl. Konsistenz, Struktur und Durchgängigkeit.

2.2.3 Testmanagement

- Unterstützung bei der Anlage eines Testspezifikationstemplates in DOORS;
- Einrichten einer Schnittstelle für die Übertragung der Testspezifikation aus DOORS in das Testmanagementtool DanTe;
- Technische Hilfestellung bei der Umsetzung einer Testsystemschnittstelle (zwischen DanTe und Testautomatisierungstool);
- DanTe-seitige Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung der Usability und der Performance der Testsystemschnittstelle;
- Fachliche Unterstützung bei der Einrichtung einer Zuliefererschnittstelle an DanTe.

Verbesserung der im Rahmen des eMERGE-Projekts erstellten Testsystemschnittstelle zwischen DanTe und dem spezifisch für die Absicherung der Smart-Charge-Communication zwischen Fahrzeug und Ladesäule entwickelt Testautomatisierungstool:

- Verbesserung der Usability;
- Verbesserung der Fehlerbehandlung;
- Umsetzung kundenspezifischer Anforderungen;
- Finalisierung Testkonzept Smart Charging.

2.2.4 Systemspezifikation

- Definition und Review aller Fahrzeugfunktionen "Smart Charging" auf Fahrzeugseite.
- Analyse der funktionalen Vollständigkeit für die folgenden Bestandteile im Ladeablauf:
 - Standard Sequence
 - Start with Charging Break
 - Resuming a Session after Charging Break
 - Renegotiation
 - Standard SessionError
 - Standard VersionError
 - Standard ResumeError
- Erstellung von UML Aktivitätsdiagrammen zum Ladeablauf.
- Strukturierung der Lastenhefte mit verteilter Funktionalität.
- Schnittstellenerhebung zwischen SmartCharging und elektrischem Ladesystem.
- Anwendung eines Wiederverwendungskonzeptes für Systemspezifikationsinhalte.

Vervollständigung der im Rahmen des eMERGE-Projekts relevanten Spezifikationsbestandteile zum Ablauf der Ladevorgänge im Fahrzeug und Ladekommunikation mit Ladeinfrastruktur.

- Vervollständigung modellierter Funktionsabläufe
- Zuordnung der zuständigen Komponenten des gesamten Ladesystems
- Erzeugung von Bereitstellungsmodulen für die Abstimmung der Anforderungen mit beteiligten Komponenten

2.2.5 Testvorgehen

Verfeinerung des Smart Charging Absicherungsvorgehens auf Basis der Abgrenzung zwischen SCC (Ladekommunikation) und RCS (EV Dienste) zum einem und zwischen OEM-Verantwortung und EVSE-Absicherung (Ladeinfrastruktur) andererseits. Aktuell definiert:

- SW-Modultests bei SW-Lieferant;
- SW-HW-Integration bei ECU-Lieferant;
- Komponenten-Test auf Komp-HiL beim OEM, dabei Absicherung EV-Dienste für SAE-Umfänge auf spezifischem PASS-HiL.

2.3 Fahrzeugseitige Optimierung des Ladevorgangs auf Basis intelligenter Ladekommunikation – AP 230

2.3.1 Ziel des Arbeitspakets

Ziel dieses Arbeitspakets ist die Erprobung der Optimierung des Ladevorgangs im Fahrzeug (Ladeleistung über der Zeit) basierend auf den netzseitigen Vorgaben vom Projektpartner RWE aus AP 300, fahrzeuginternen Parametern und Kundenwünschen (wie z. B. der vom Kunden eingestellten Abfahrtszeit).

2.3.2 Aktivitäten, Verlauf und Ergebnisse

Ausgehend von den bestehenden Implementierungen für die intelligente Ladekommunikation wurden die grundlegenden Mechanismen für eine optimierende Beeinflussung der Ladestrategie des Fahrzeugs basierend auf den fahrzeuginternen Parametern sowie durch den Kunden einstellbare Parameter mit geeigneten Modellierungstools erstellt. Hierzu wurden Parameter wie verfügbare Ladespannung, maximaler Ladestrom, Batterieladezustand, Nebenverbraucher, Batteriekonditionierung, Vorklimatisierungswunsch und gewünschter Abfahrtszeitpunkt berücksichtigt. Die über Modellierungstools erstellte Ladestrategie wurde für Tests im Fahrzeug implementiert und anhand der spezifizierten Testfälle erprobt. Hierbei stand die Optimierung auf Basis von Tarifinformationen und den obengenannten Fahrzeugparametern im Fokus. Die Erkenntnisse aus diesen Labortests fließen in die Weiterentwicklung des ISO 15118 Standards ein.

Die erarbeitete fahrzeugseitige Ladestrategie ermittelt anhand der Tarifinformationen und der obengenannten fahrzeuginternen Parameter einen prognostizierten, optimierten Ladeplan (Ladeleistung über Zeit). Dieser wird nach Berechnung gemäß ISO 15118 an den Energieversorger zurückübermittelt und anschließend durch das Fahrzeug ausgeführt, bis die Vollladung oder der vom Kunden eingestellte Abfahrtszeitpunkt erreicht ist. Ein Ladeplan kann neben Ladephasen (Leistung > 0 Watt) auch Ladepausen enthalten (Leistung = 0 Watt). Ladepausen werden insbesondere in Zeitabschnitten mit hohen Tarifkosten eingeplant, können aber auch aus Gründen der Ladeeffizienz, des Thermomanagements oder der Batterie-schonung Sinn machen. Darüber hinaus müssen die Leistungswerte des Ladeplans immer unterhalb der von EVSE-Seite geforderten Leistungslimits (aus den Tarifinformationen) liegen.

Die Zusammenhänge zwischen Tarifleistungslimits (P_{\max} EVSE), Tarifkosten (Cost EVSE) und Ladeplan (P_{\max} EV) sind nachfolgend in Abbildung 17 exemplarisch dargestellt.

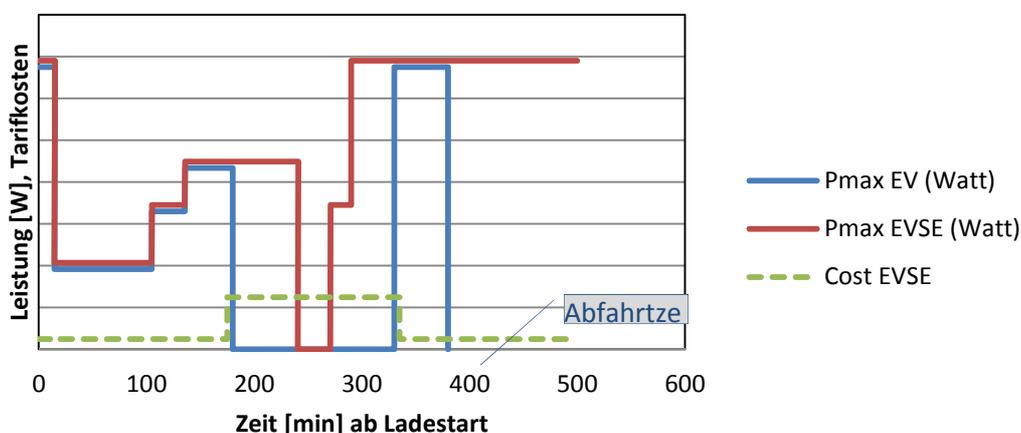


Abb. 17: Zusammenhänge zwischen Tarifleistungslimits, Tarifkosten und Ladeplan

2.3.3 Notwendigkeit des Ressourceneinsatzes

Ohne die intelligente Verarbeitung der über ISO 15118 bereitgestellten Informationen und der fahrzeuginternen Parameter wäre eine für die Infrastruktur und Fahrzeug optimale Ladestrategie nicht realisierbar.

2.3.4 Verwertungsplan

Die Ergebnisse wurden für eine weitere Verbesserung der fahrzeugseitigen Umsetzung genutzt und für eine endkundenfähige Software finalisiert.

Der Algorithmus zur fahrzeugseitigen Optimierung des Ladevorgangs wurde implementiert und getestet. Hierzu wurde eine Matrix von Tarifdaten mit verschiedenen Kosten- und Leistungsinformationen generiert, um die korrekte Funktion des Algorithmus anhand der berechneten Ladepläne und des tatsächlichen Ladeverlaufs zu überprüfen.

Die Arbeiten zur fahrzeugseitigen Optimierung sind abgeschlossen.

3 AP 300 – Energieseitige Anforderungen

3.1 Implementierung des Kommunikations-Standards

310	<p>1. Ziel des Arbeitspaketes</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementierung des Kommunikations-Standards nach ISO/IEC 15118 auf Seiten der Ladeinfrastruktur. <p>2. Voraussetzungen (Input)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Finale Definition des Kommunikations-Standards nach ISO/IEC 15118 ▪ Definition der PLC-Schnittstelle <p>3. Aufgabenbeschreibung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Prototypische Entwicklung und Implementierung der Hardware zur Erfüllung des Kommunikations-Standards ▪ Finale Umsetzung der ISO/IEC 15118 Anforderungen auf dem Controller der Ladeinfrastruktur ▪ Anschließende Validierung der Ergebnisse in AP 330 <p>4. Ergebnisse (Output)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Anforderungen der ISO/IEC 15118 an die Hardware sind prototypisch in der Ladeinfrastruktur implementiert ▪ Die Anforderungen der ISO/IEC 15118 an die Software sind prototypisch in der Ladeinfrastruktur implementiert ▪ Der Kommunikations-Standards nach ISO/IEC 15118 kann im Rahmen des Förderprojektes mit Fahrzeugen getestet werden ▪ Die Kommunikation mit den Fahrzeugen ist sichergestellt, so dass die Informationen aus dem Fahrzeug verarbeitet werden können
------------	--

Tab. 2: Ziele und Aufgaben AP 310

Das Aufladen von Elektrofahrzeugen in elektrischen Versorgungsnetzen ist aus energiewirtschaftlicher Sicht so durchzuführen, dass es zu keinerlei Überlastungen der Infrastruktur kommt und ein damit einhergehender Netzausbau vermieden werden kann. Ziel ist es somit einen möglichst effektiven Ladevorgang des Fahrzeugs unter verschiedenen Einflussparametern zu gewährleisten. Dies bedeutet, dass das Fahrzeug bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Netz- bzw. energiewirtschaftlichen Prämissen nach Nutzer-, fahrzeugspezifischen sowie verkehrlichen Vorgaben geladen werden kann. Im Rahmen des Arbeitspaketes gilt es solch ein optimiertes Lademanagement durch die Implementierung der dafür notwendigen Kommunikationsstandards ISO/IEC 15118 zu realisieren. Um die Motivation und die Notwendigkeit hierfür zu verdeutlichen, werden in den folgenden Abschnitten einige Aspekte näher erläutert.

3.1.1 Gründe für gesteuertes Laden

Ein Ziel der Elektromobilität ist es, die bestehenden elektrischen Netzinfrastrukturen besser auszunutzen ohne sie zu überlasten. In einem möglichen Zielszenario, in welchem weniger als 25% aller Haushalte hinter einer Ortsnetzstation zumindest ein Elektrofahrzeug besitzen, besteht die Gefahr, dass es zu einer lokalen Grenzwertverletzungen aufgrund von zeitgleichen Ladevorgängen zu Spitzenlastzeiten (H0 Haushaltsprofil) im Verteilnetz kommt.¹ Aus DSO Sicht ist es daher nachvollziehbar über Steuerungsmechanismen dieser zusätzlichen elektrischen Lasten zu diskutieren. Gesteuertes Laden ermöglicht ebenfalls die Erfüllung eines der Ziele der Energiewende, nämlich möglichst viele Erneuerbare Energien für die Energieversorgung (bilanziell) zu nutzen. Das Projekt eMERGE hat sich zur Zielstellung gemacht, dieses gesteuerte Laden über die neue Kommunikationsnorm ISO/IEC 15118 zu testen.

Initial war in dem Projekt von einer gewissen Skepsis der Nutzer hinsichtlich gesteuertem Laden auszugehen, da eine der Schwachstellen der Elektromobilität, das häufigere und längere „auftanken“ im Vergleich zum Benziner durch eine Steuerung noch länger dauern könnte als es rein technisch von Nöten wäre. Vor dem Hintergrund, dass sich die Standzeiten von Fahrzeugen in Deutschland täglich im Schnitt auf 23 Stunden belaufen² ergibt sich allerdings, theoretisch, ein großer „Spielraum“ für gesteuertes Laden.

3.1.2 Intelligente Kommunikation zwischen Auto und Ladesäule

Die Schlüsselfrage, wie man dieses komplexe Interessensgefüge dem Fahrzeug und damit dem Kunden transparent machen kann, ist in der internationalen ISO/IEC 15118 V2G Kommunikation-Norm gelöst. Ergänzend zu der IEC 61851-1, welche u.A. das Pilotsignal beschreibt (ISO/IEC 15118 Sprachgebrauch: „Basic Charging“) beschreibt die Kommunikationsnorm den inhaltlichen Austausch zwischen Auto und Ladesäule. Mittels dieser Norm ist die Ladesäule in der Lage dem Fahrzeug (und damit dem Nutzer) verfügbare Netzkapazitäten auf der einen Seite kombiniert mit Verbrauchspreisen auf der anderen Seite zu kommen zu lassen, um dem Nutzer ein sicheres, netzfreundliches und möglichst CO₂-freies Laden zu ermöglichen. Abbildung 18 verdeutlicht diesen Ansatz. Der Vorteil einer gesteuerten Ladung nach ISO/IEC 15118 im Vergleich zu einer reinen „normalen Ladung“ besteht vor allem in der Planbarkeit des Ladeverlaufs, sowohl für den Endkunden als auch für den Ladesäulenbetreiber respektive dem Netzbetreiber.

¹ Linssen J et al (2012) Netzintegration von Fahrzeugen mit elektrifizierten Antriebssystemen in bestehende und zukünftige Energieversorgungsstrukturen. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe: Energie & Umwelt, Bd 150. Abschlussbericht Projekt NET-ELAN. Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)

² Follmer, R., et al. "Mobilität in Deutschland 2008." German Aerospace Center (DLR), Ergebnisbericht: Struktur–Aufkommen–Emissionen–Trends, Bonn and Berlin, February (2010).

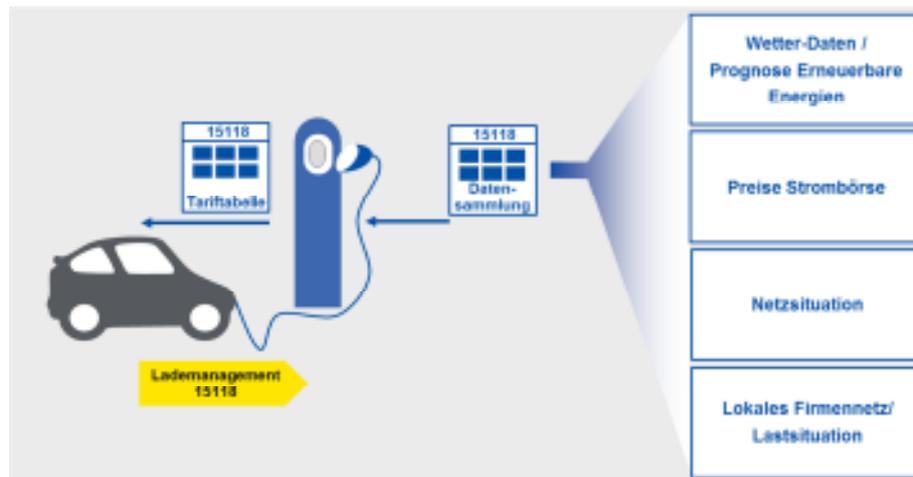


Abb. 18: Prinzipschaubild der Informationsflüsse der 15118 Ladesteuerung

So bekommt das EV zu Ladebeginn alle relevanten Rahmenparameter (maximale Leistung und Preis in einem Zeitsegment) mitgeteilt und kann die Ladung entsprechend dem Wunsch des Nutzers planen. Somit können auch Eingaben bezüglich der Abfahrtszeit, vorherrschende Batteriebedingungen bzw. Witterungsbedingungen und eine Vorklimatisierung des Fahrzeugs zum Abfahrtszeitpunkt berücksichtigt werden.

Im Gegenzug erhält die Ladestation vom Fahrzeug neben einem detaillierten Ladeplan (entspricht Punkt 7 in Abbildung 19) die Information, wie viel Energie das Fahrzeug bis wann benötigt. Mit diesen Informationen können Ladesäulenbetreiber und Netzbetreiber den Energie- und Leistungsbedarf der Ladeinfrastruktur sehr genau prognostizieren und Optimierungsalgorithmen fahren. Perspektivisch können damit auch Prognosen des Ladebedarfs von Elektrofahrzeugen in einzelnen Subnetzen (z. B. Straßenzüge, Ortsteile) gebildet werden, die es dem Netzbetreiber ermöglichen mögliche Engpässe frühzeitig zu erkennen und gegenzusteuern.

Beispiel Ladesteuerung gemäß ISO/IEC 15118

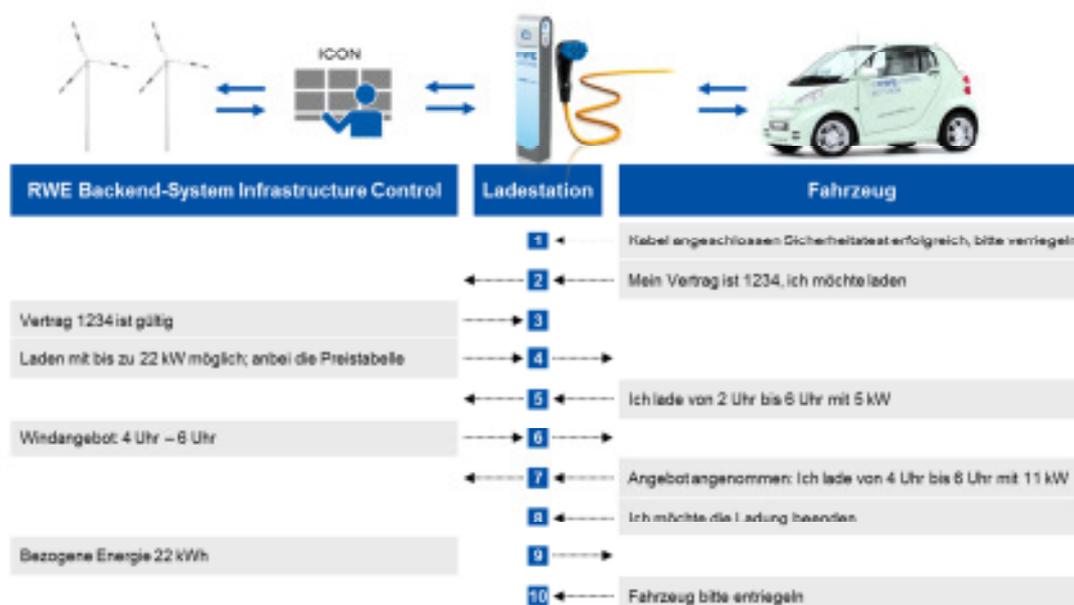


Abb. 19: Ablauf 15118 Kommunikation (Bsp.)

Auch für Betreiber größerer Flotten kann das Prinzip der gesteuerten Ladung nach ISO/IEC 15118 interessant sein, da damit sichergestellt werden kann, dass Fahrzeuge zu einem definierten Zeitpunkt (nächster Einsatz) aufgeladen sind, aber die Energiemenge der Fahrzeuge nicht die eingekauften Kapazitätskontingente in einem speziellen Zeitbereich überschreiten.

3.1.3 Anforderungen an die Umsetzungen in der Ladesäule und das angeschlossene Backend-System

Die ISO/IEC 15118 definiert in den vorliegenden Teildokumenten 1 bis 3 grundlegende Use Cases, Funktionen, Workflows und technische Detaillierungen.

Die bestehende Ladesäuleninfrastruktur und die RWE Backend Systeme müssen angepasst werden, um ausgesuchte Funktionen der ISO/IEC 15118 prototypisch anbieten zu können.

Zielgruppe für die um die 15118 Funktionalitäten erweiterten RWE eBox Smart Produkte sind:

- Kunden, die mit einem 15118-fähigen Fahrzeug unter Anwendung des Plug&Charge Features die RWE Ladeinfrastruktur nutzen wollen
- Kunden, die mit einem 15118-fähigen Fahrzeug ohne Plug&Charge Features die RWE Ladeinfrastruktur nutzen wollen (bspw. plant Renault ein 15118 Fahrzeug ohne Plug&Charge Fähigkeit)
- Kunden, die auch weiterhin die RWE Ladeinfrastruktur nutzen wollen mit Elektrofahrzeugen, die nicht 15118-fähig sind.

Aus Ladestationsbetreibersicht darf die prototypische Umsetzung der ISO/IEC 15118 allerdings keinen Einfluss auf die Ladung nicht – intelligenter Fahrzeuge haben, da die Infrastruktur auch bereits im Feld befindliche Fahrzeuge nicht ausschließen darf (Diskriminierungsfreiheit). Somit muss die Ladung gemäß IEC 61851 und 15118Pre weiterhin mit der bekannten Funktionalität angeboten werden.

Insbesondere ist für einen funktionierenden Übergang der Autorisierungsmöglichkeiten 15118Pre (L1 + CP) und 15118 (nur CP) zu sorgen. Dies bedeutet im Speziellen, dass verschiedenen Versionen von Smarts (optisch identisch, technisch unterschiedlich) unterstützt werden müssen.

Die nachstehende Tabelle 3 zeigt eine Übersicht der in der prototypischen Implementierung der ISO/IEC 15118 auf Ladesäulen und Backend-Seite umgesetzten Anforderungen. Die grau hinterlegten Zeilen repräsentieren hierbei die zu betrachtenden UseCases, die rot hinterlegten die aktuell nicht auf der RWE Infrastruktur möglichen UseCases und die weiß hinterlegten Zeilen die UseCases die OutofScope für das Projekt eMERGE waren, da keine Möglichkeit der Anwendbarkeit mit der Smart Hardware besteht.

Use Case No.	Use case element name / grouping	Anforderungsnummer
A1	Begin of charging process with forced High Level Communication	1, 6, 7
A2	Begin of charging process with concurrent IEC 61851-1 and High Level Communication	1, 6, 7
B1	EVCC/SECC communication setup	1, 6, 7
C1	<i>Certificate update</i>	
C2	<i>Certificate installation</i>	
D1	Authorisation using Contract Certificates performed at the EVSE	1, 5, 6, 7

D2	Authorisation using Contract Certificates performed with help of SA	1, 5, 6, 7
D3	Authorisation at EVSE using external credentials performed at the EVSE	1, 6, 7
D4	Authorisation at EVSE using external credentials performed with help of SA	1, 6, 7
E1	AC charging with load levelling based on High Level Communication	2, 3, 6, 7
E2	<i>Optimized charging with scheduling to secondary actor</i>	
E3	Optimized charging with scheduling at EV	2, 3, 6, 7
E4	DC charging with load levelling based on High Level Communication	
E5	Resume to Authorised Charge Schedule	2, 6, 7
F0	Charging loop	4, 6, 7
F1	Charging loop with metering information exchange	4, 6, 7
F2	Charging loop with interrupt from the SECC	4, 6, 7
F3	Charging loop with interrupt from the EVCC or user	4, 6, 7
F4	Reactive power compensation	
F5	Vehicle to grid support	
G1	Value added services	
G2	Charging details	4, 6, 7
H1	End of charging process	6, 7

Tab. 3: Mapping der 15118 Use Cases auf die RWE Anforderungen der Umsetzung

3.1.4 Verbindungsaufbau

SECC Use Case A1

Die Ladesäule implementiert die SECC Seite des ISO/IEC 15118 Use Case A1 („Start AC/DC charging process with forced High Level Communication“).

Hiermit wird zum Ausdruck gebracht, dass die Ladesäule, nachdem das Fahrzeug verbunden wurde, das Fahrzeug über die Basisnorm IEC 61851-1 und dem Anlegen eines PWM Tastverhältnisses von 5 % (\cong Digitale Kommunikation ist notwendig) zu dem Aufbau von Kommunikation „zwingt“.

SECC Use Case A2

Die Ladesäule implementiert die SECC Seite des ISO/IEC 15118 Use Case A2 („Start AC/DC charging process with concurrent IEC 61851-1 and High Level Communication“).

Hiermit wird zum Ausdruck gebracht, dass die Ladesäule, nachdem sich das Fahrzeug angesteckt hat, das Fahrzeug über die Basisnorm IEC 61851-1 und dem Anlegen eines PWM Tastverhältnisses von 10-96 % (\cong Laden ist möglich) nicht zum Aufbau von Kommunikation „zwingt“, sondern dieser parallel zum Ladevorgang stattfinden kann.

Konkret bedeutet die Unterstützung der Use Cases A1 und A2, dass es eine Einstellmöglichkeit für die Box geben muss, dass entweder A1 oder A2 ausgeführt werden sollen.

SECC Use Case B1

Die Ladesäule implementiert die SECC Seite des ISO/IEC 15118 Use Case B1 („EVCC/SECC communication set-up“). Hiermit ist die physikalische/kommunikative Verbindung des Fahrzeugs mit der Ladesäule gemeint. Dieser wird im Standard ISO/IEC 15118 mittels SLAC (sogenannter Matching Process) durchgeführt. Bei ISO/IEC 15118 Pre wird dieser Vorgang übersprungen.

Ist der Matching Process erfolgreich durchlaufen, ist zwischen EVSE und EV ein Data-Link auf PLC-Ebene hergestellt. Der Matching Process wird mit der Nachricht HC_LISTEN_FOR_SLAC_ASSN.IND gestartet; dieses Ereignis wird im Folgenden als Matching Process launched bezeichnet. Erhält das PLC Modem nach der Nachricht HC_LISTEN_FOR_SLAC_ASSN.IND einen CM_SLAC PARAM.REQ eines Elektrofahrzeugs sendet es die Nachricht HC_MATCHING_STARTED.IND. Ab diesem Zeitpunkt gilt der Matching Process als gestartet, im Folgenden als Matching Process started bezeichnet.

Das PLC Modem signalisiert einen erfolgreichen Matching Process Durchlauf mit der Nachricht D-LINK_READY.IND linkEstablished.

3.1.5 Authentifizierung

SECC Use Case D1.

Die Ladesäule implementiert die lokale Authentifizierung per zertifikatsgebundener contract ID gemäß ISO/IEC 15118 Use Case D1 („Authorization using Contract Certificates performed at the EVSE“).

SECC Use Case D2

Die Ladesäule implementiert die SECC Seite der Authentifizierung per zertifikatsgebundener contract ID mit backend – Unterstützung gemäß ISO/IEC 15118 Use Case D2 („Authorization using Contract Certificates performed with help of SA“).

SECC Use Case D3

Die Ladesäule implementiert die lokale Authentifizierung per nicht zertifikatsgebundener Freigabe gemäß ISO/IEC 15118 Use Case D3 („Authorization using external credentials“).

SECC Use Case D4

Die Ladesäule implementiert die SECC Seite der Authentifizierung per nicht zertifikatsgebundener Freigabe mit backend – Unterstützung gemäß ISO/IEC 15118 Use Case D4 („Authorization using external credentials performed with help of SA“).

Abbildung 20 zeigt plakativ die Abläufe der verschiedenen Authentifizierungsarten, die an der RWE Ladefrastruktur für eMERGE umgesetzt werden.

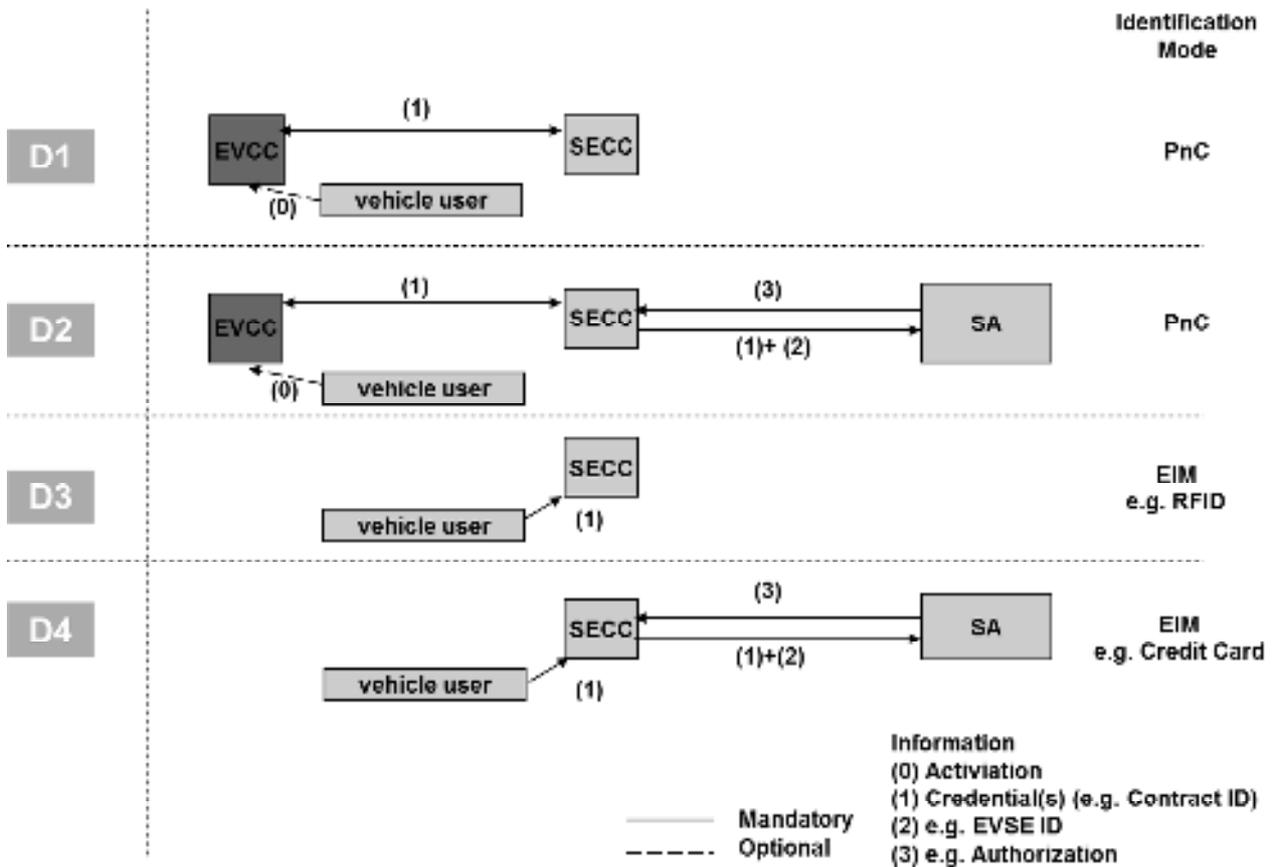


Abb. 20: Durch RWE unterstützte Authentifizierungsarten

3.1.6 Lastmanagement

SECC Use Case E1/E2

Die Ladesäule implementiert die SECC Seite des ISO/IEC 15118 Use Case E1 („AC charging with load leveling based on High Level Communication“). Mittels dieser Funktion wird dem Elektrofahrzeug die aktuelle Prognose der maximalen Leistung und des Preises mitgegeben.

Das RWE Backend implementiert die SA Seite des ISO/IEC 15118 Use Case E2 („Optimised charging with scheduling from the secondary actor“). Mittels dieser Funktion wird dem Elektrofahrzeug die aktuelle Prognose der maximalen Leistung und des Preises mitgegeben, die zuvor von einem „secondary actor“ berechnet worden ist. Somit kann hier eine Planung von Ladevorgängen vom CPO mit dem Zweck genutzt werden, eine optimalen Beschaffung und Nutzung erneuerbarer Energien zu erzielen.

SA Use Case E3

Das RWE Backend implementiert die SA Seite des ISO/IEC 15118 Use Case E3 („Optimised charging with scheduling at EV“).

Die ISO 15518 gibt keine Requirements für die SA Seite vor, vielmehr sind in der Norm Verhaltensbeschreibungen aufgeführt, die zu berücksichtigen sind.

SA Use Case E5

Die Ladesäule implementiert die SA Seite des ISO/IEC 15118 Use Case E5 („Resume to authorised charging schedule“).

Wechselt eine Session in den Zustand HLC-SESSION_PAUSE, so soll die SessionID, der EnergyTransferMode, sowie die PaymentOption der Session flüchtig vorgehalten werden. Empfängt der Controller einen SessionStopReq mit ChargingSession "Pause", so soll das LSG nach dem Versand des Responses mit ResponseCode "OK" in den Zustand HLC-SESSION_PAUSE wechseln.

Zur Wiederaufnahme einer HLC-Session muss zuvor das komplette HLC-Setup durchlaufen werden. Der Controller nimmt eine pausierte Session wieder auf, wenn das EV im Verbindungsaufbau mit derselben SessionID der pausierten Session anfragt.

3.1.7 Ergebnisse

Die Umsetzung der oben genannten Anforderungen kann anhand von echten Logbuchauszügen aus dem Controller nachvollzogen werden. Wie man erkennen kann, vergehen ca. 28 Sekunden zwischen dem Verbinden des Fahrzeugs mit der Ladesäule und dem Start der Ladung. In der Zwischenzeit sind alle notwendigen Sequenzen, die für den Projekterfolg von eMERGE notwendig sind (Kommunikation wird aufgesetzt, Nutzer wird authentifiziert, Ladeplanverhandlung) abgeschlossen. Mittels der Ladeplanverhandlung kann der Stationsbetreiber sehen, mit welcher maximalen Anzahl an Phasen das Fahrzeug laden wird und wieviel Energie (EAmount) es bis wann (EndOfCharge, 0s $\hat{=}$ sofort) benötigt. Dies sind wesentliche Mehrinformationen im Vergleich zu einer herkömmlichen IEC 61851 Mode3 Ladung, bei dem die Ladestation lediglich weiß, ob das Fahrzeug laden möchte oder nicht.

```

1443820075.94: meterd; i: 0x000800018000401c; SET_EOL40_MODE | EOL40_Retrigger_Retry_Counter: 1 | Mag: 0x0701
1443820075.94: meterd; f: 0x000800018000401c; SET_EOL40_MODE | error: <no_smlGetProcParameterResponse>
1443820518.67: cpfd; M: 0x00080001C00401c; CHARGE_CABLE | status: <connected> | max_allowed_current: 20
1443820517.70: cpfd; A: 0x00080001F260401c; CP_STATUS | status: <conn> | dutycycle: 100
1443820517.72: cpfd; I: 0x00080001F260101c; ID_BOX | status: <no check> | reason: <not configured or ext. PwM device>
1443820517.72: cpfd; M: 0x00080001F2600101c; PFC_PWM_MODULE | status: <true>
1443820517.72: cpfd; A: 0x00080001F260101c; DC_CHANGE | dc: 100
1443820517.77: cpfd; M: 0x00080001F260101c; CP_STATUS_CHANGED_BY_IV | state: <bo> | dutycycle: 100
1443820517.84: cpfd; A: 0x00080001F260101c; CP_STATUS | status: <conn> | dutycycle: 100
1443820517.88: seccd; I: 0x00080001F260101c; HLC_TASK | status: <start>
1443820518.84: seccd; M: 0x00080001F260101c; SNA_SERVER | status: <start> | sec1 | msec: 400
1443820519.48: seccd; A: 0x00080001F260101c; SNA_SERVER_T1 | status: <5986 Request> | sec1 | msec: 400
1443820519.48: seccd; M: 0x00080001F260101c; SNA_SERVER | status: <stop>
1443820519.49: seccd; M: 0x00080001F260101c; SNA_REQUEST | status: <start>
1443820519.50: cpfd; A: 0x00080001C2E0101c; CP_STATUS | status: <conn> | dutycycle: 5
1443820519.78: seccd; M: 0x00080001C2E0101c; DNCP | status: <start>
1443820537.34: log; Trace; i: 0x00080001F260101c; trace | status: <start> | trace | start | 200-1a-37-70-17-a5-11a-03_84_74_236-
1443820528.21: seccd; M: 0x00080001C2E0101c; SOP_INFORM | status: <start> | time: 8
1443820528.21: seccd; M: 0x00080001C2E0101c; SNA_REQUEST | status: <stop>
1443820528.21: seccd; M: 0x00080001C2E0101c; CPLD_RESULT | phasetype: <main> | inetfamily: <afinet> | inetaddr: <11.54.74.226> | srcport: <15118>
1443820533.41: seccd; I: 0x00080001C2E0101c; TLS_HANDSHAKE | client: <0000000000002142>
1443820538.34: authd; I: 0x00080001C2E0101c; CID_VERIFICATION | target: <DCON> | cid: <0000000000002142> | status: <start>
1443820537.33: authd; I: 0x00080001C2E0101c; CID_VERIFICATION | server: <DCON> | cid: <0000000000002142> | status: <stop> | result:
1443820537.38: authd; A: 0x00080001C2E0101c; CID_UPDATE | action: <update> | cid: <0000000000002142> | rfid_uid: <> | current: 32
1443820537.92: cur; Invd; I: 0x00080001C2E0101c; CURRENT_LIMIT | source: <proso> | value: 20
1443820537.98: authd; M: 0x00080001C2E0101c; USER_AUTHENTICATION | status: <start> | auth_type: <pin> | cid: <0000000000002142> | cid_current: 32 | session_id: <DCON-15fa4235-98ad-46dc-87a3-c41664f50bb>
1443820537.98: authd; M: 0x00080001C2E0101c; USER_AUTHENTICATION | status: <start> | append_uids: <> | charge_duration: 0 | charge_wait_time: 0 | reservation: <false> | timer_lock_time: 0
1443820538.24: seccd; M: 0x00080001C2E0101c; SESSION | status: <start>
1443820538.30: seccd; A: 0x00080001C2E0101c; SECSDR | status: <init> | session_id: <DCON-15fa4235-98ad-46dc-87a3-c41664f50bb>
1443820538.31: cpfd; A: 0x00080001C2E0101c; CP_STATUS | status: <conn> | dutycycle: 5
1443820538.36: cpfd; A: 0x00080001C2E0101c; INTERLOCK | status: <close>
1443820538.36: seccd; I: 0x00080001C2E0101c; HLC_PAYMENT_PAUSE | -
1443820538.84: seccd; I: 0x00080001C2E0101c; HLC_EAmount | <3991 * 10^0 Wh>
1443820538.84: seccd; I: 0x00080001C2E0101c; HLC_EAmount | <0 s>
1443820540.34: meterd; F: 0x00080001C2E0101c; SET_CID_INTL_METER | cid: <0000000000002142> | error: <smAttentionResponse missing>
1443820541.82: meterd; F: 0x00080001C2E0101c; SET_CID_INTL_METER | cid: <0000000000002142>
1443820541.52: cpfd; M: 0x00080001C2E0101c; CP_STATUS_CHANGED_BY_IV | state: <c> | dutycycle: 5
1443820541.52: cur; Invd; I: 0x00080001C2E0101c; CURRENT_LIMIT | source: <proso> | value: 20
1443820541.58: cur; Invd; I: 0x00080001C2E0101c; CURRENT_LIMIT | source: <proso> | value: 20
1443820541.62: seccd; M: 0x00080001C2E0101c; CHARGING | status: <allowed>
1443820541.77: cpfd; A: 0x00080001C2E0101c; CONTACTOR | status: <close>

```

Abb. 21: Ablauf einer Plug&Charge Ladung (Logbuch)

Die notwendige Sicherheit der Kommunikation kann, wie weiter oben erwähnt, per TLS Verschlüsselung mittels Zertifikaten erfolgen. Die prototypische Umsetzung hierfür auf dem Ladesäulencontroller ist in der folgenden Abbildung dargestellt:

Deutsch English

VORWEG GEHEN

- LSG
- LDP
- Settings
- 15118PRE Security
- 15118IS Security
- Authentifizierung
- ContractID Check
- Last Management
- Stromüberwachung
- Status Push
- Pilotsignal
- Periphery
- System
- Service
- Secret Service

15118PRE Security

CA CERT (PEM Format)
md5: 9025cf34474adf12ce1b2a6a183e5b9b

[Details](#)

EVSE Cert (PEM Format)
md5: aea6082157a5ab4d64c4503588b9f1dc

[Details](#)

EVSE Private Key (PEM Format)
md5: d1d9ab3a6c77db799606ad2561b21434

Abb. 22: Webseite der prototypischen Umsetzung des Zertifikatshandlings

Mittels des in Abbildung 22 dargestellten Buttons kann man sich die Details der Zertifikate anschauen und so mögliche Fehler finden (s. nachstehende Abbildung 23). Details dieses Zertifikates sind in diesem Bericht aus Sicherheitsgründen ausgegaut.

```

Certificate:
  Data:
    Version: 3 (0x2)
    Serial Number: 1 (0x1)
    Signature Algorithm: ecdsa-with-SHA256
    -----
  Validity
    Not Before: Feb  1 08:25:30 2012 GMT
    Not After : Feb  1 08:25:30 2052 GMT
  Subject: C=DE, O=Deimler AG, OU=eMobility-Provisioning, CN=RootCA
  Subject Public Key Info:
    Public Key Algorithm: id-ecPublicKey
    Public-Key: (256 bit)
    pub:
      04:24:1d:40:c1:74:a5:84:70:0f:38:0d:29:1e:b5:
      7d:e3:6f:0e:a9:b0:16:12:fc:8b:9e:29:de:ef:0e:
      75:ff:54:e9:af:8f:84:c7:63:db:bc:8d:17:e2:ef:
      53:e5:30:6d:bl:a1:06:38:50:bb:12:c7:37:c6:59:
      d6:55:a5:02:48
    ASN1 OID: prime256v1
    -----
  CA:TRUE
  X509v3 Key Usage:
    Certificate Sign, CRL Sign
  Signature Algorithm: ecdsa-with-SHA256
    -----
  
```

Abb. 23: Detailsicht auf Zertifikate für 15118

3.2 Lademanagement unter Berücksichtigung von Netz-, Batterie- und Nutzerprämissen

320	<p>1. Ziel des Arbeitspaketes</p> <p>Es gilt, ein optimiertes Lademanagement aus verschiedenen Gesichtspunkten zu realisieren, bei dem die regionale Netzsituation (Netzbetreiber/ Energielogistiker), der Kundenwunsch (Nutzerverhalten), die Verkehrssituation (Stauumgehung durch geänderte Startzeit/ Routenführung) und die Fahrzeugvoraussetzungen (Batteriestand, Ladeleistung) berücksichtigt werden. Hierzu muss ein entsprechender Algorithmus entwickelt werden, welcher alle relevanten Parameter verknüpft. Dazu gehört neben der Einbeziehung der oben genannten Parameter Netz- und Verkehrssituation, Kundenwunsch und Fahrzeugdaten auch die Berücksichtigung der Kundentarife bzw. die Tarifbildung aus den vorhandenen Daten.</p> <p>2. Voraussetzungen (Input)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verfügbarkeit eines Ladeinfrastruktur-Backends, welches die Integration des Lademanagements ermöglicht ▪ Arbeitsergebnisse aus AP 310 für die Validierung <p>3. Aufgabenbeschreibung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Analyse von zur Verfügung stehenden Daten und Parametern ▪ Entwicklung eines Konzeptes zur Realisierung des Datenflusses im gesamten System (umfasst Fahrzeug bis Stromnetz) ▪ Entwicklung eines Algorithmus zur Informationsverarbeitung und zur Generierung der relevanten Steuerungsimpulse im Ladeinfrastruktur Backend ▪ Prototypische Realisierung eines Systems zum optimierten Lademanagement ▪ Implementierung der Erzeugung von zeit- und lastabhängigen Tariftabellen sowie deren Übertragung an Fahrzeuge ▪ Zentrale Verarbeitung von Informationen aus Fahrzeugen zur Bedarfsfeststellung ▪ Implementierung des gesteuerten Ladens basierend auf Tariftabellen sowie Lastbegrenzung von Ladevorgängen ▪ Prototypische Steuerung individueller Ladevorgänge an öffentlicher Ladeinfrastruktur auf regionaler Ebene ▪ Konzeption, Entwicklung und prototypischer Aufbau eines Zertifikatsmanagements zwischen Fahrzeug über Ladeinfrastruktur bis hin ins Ladeinfrastruktur-Backend zur Verifizierung und Authentifizierung <p>4. Ergebnisse (Output)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Funktion des Systems, welches gesteuerte Ladevorgänge ermöglicht, kann im Feldversuch gezeigt werden. ▪ Im Feldversuch kann ein Lademanagement demonstriert werden, welches Ladevorgänge ermöglicht, die nach den gegebenen Parametern gesteuert werden. ▪ Entsprechend ISO/IEC 15118 können den Fahrzeugen im Feldversuch Tariftabellen übermittelt werden, welche die Informationen aggregiert darstellen.
-----	--

Tab. 4: Ziele und Aufgaben AP 320

Die ISO/IEC 15118- sieht den Austausch von „Netzvorgabe“, Tariftabelle und Ladeplan zwischen EV und EVSE vor. Hierbei kommt der EVSE die Rolle zu, dem Fahrzeug sowohl Netzvorgaben (Pmax_Schedule) als auch mögliche Tariffinformationen zukommen zu lassen. Das Fahrzeug auf der anderen Seite schickt zu Ladebeginn seinen Ladeplan in Richtung Ladesäule.

Das in der 15118PRE verwendete Verfahren zum Austausch von Netzvorgaben und Ladeplänen zwischen dem RWE Backend und der Ladesäule soll im ersten verwendet werden, um die Smart Ed3 Fahrzeuge optimal in das Projekt eMERGE einbinden zu können. Damit die Fahrzeuge allerdings überhaupt alle Funktionalitäten des 15118 Standards nutzen können, ist es notwendig, die nachgelagerten Systeme gemäß der Anforderungen der 15118 anzupassen.

Im Detail sind dies:

- Zertifikatsmanagement für das Plug&Charge Feature
- Energiemanagement für das intelligente Laden

3.2.1 Zertifikatsmanagement

Das von der Ladesäule verwendete Authentifizierungsverfahren (detaillierte Erläuterungen s. AP 310 Authentifizierung) muss den nachgelagerten Systemen zeitnah nach Festlegung übermittelt werden, damit intelligente Ladevorgänge (via ISO IEC 15118) von normalen Ladevorgängen unterschieden werden können. Um einen Verbindungsaufbau zu 15118-Fahrzeuge zu ermöglichen, ist eine Verschlüsselung der mit der Ladesäule technisch realisiert über TLS (Transport Layer Security) erforderlich. Die genauen Anforderungen an diese Zertifikate werden über die entsprechenden Dokumente (Deviation Spec von Daimler für den PRE ISO/IEC 15118 Stand, bzw. ISO/IEC 15118-1 und ISO/IEC 15118-2 für die Folgestände) definiert.

Die folgende Tabelle 5 soll eine Kurzübersicht der im Zertifikatsverwaltungsprozess vorkommenden Akteure geben, um ein identisches Verständnis über die Rolle dieser Akteure im beschriebenen Prozess zu geben.

Akteur	Funktion
Kunde	Kann Autostromvertrag mit der RWE abschließen
Abrechnungssystem	Stellt Signaturanfragen an eine CA (Certificate Authority) zur Erstellung von Blatt-Zertifikaten
RWE-Sub-CA	Von RWE betriebene Certificate Authority
CA	Certificate Authority zum Erstellen von Blattzertifikaten (Vertrags- oder Ladesäulenzertifikate)
SECC	Controller in der Ladesäule; Zuständig für Anbieten der Services in Richtung Fahrzeug
RWE Backend	System zum Monitoring und Betrieb der Ladesäulen im Feld – im Bezug auf Zertifikate für Vermittlungszwecke genutzt, inkludiert Verwaltungsdatendank für Ladesäulen im Feld
EV	Kann von der Ladesäule angebotene Services auswählen

Tab. 5: Akteure Zertifikatsprozess ISO/IEC 15118

Sowohl Pre ISO/IEC 15118 als auch ISO/IEC 15118 Fahrzeuge führen das Plug&Charge Feature mittels zertifikatsbasierter Autorisierung durch (mit Abweichungen in der Behandlung der CID, Use Cases D1 und D2). Auf technischer Ebene wird dieses Autorisierungsart von der Ladesäule dem Fahrzeug angeboten (sofern unterstützt), woraufhin das Fahrzeug diese auswählt und sein Vertragszertifikat übermittelt.

Eine Contract-CA ist ausstellende Instanz für die Contract Zertifikate in den EVs. Zur Prüfung dieser müssen die Ladepunkte mit dem Stammzertifikat der beteiligten Contract-CA versorgt werden.

Es ist zu beachten, dass als Ziel (z. B. in einem abgestimmten Roaming-Szenario) eine einzelne Contract-CA angestrebt. Da dies während der Projektlaufzeit und auch jetzt (Stand November 2015) noch nicht der Fall ist, wurde für das Projekt eMERGE eine eigene CA aufgesetzt, um die Funktionalität zu demonstrieren. Abbildung 24 zeigt den allgemeinen Aufbau der Zertifikatsinfrastruktur der 15118. Zusammenfassend gibt es Ladesäulenzertifikate und Vertragszertifikate.

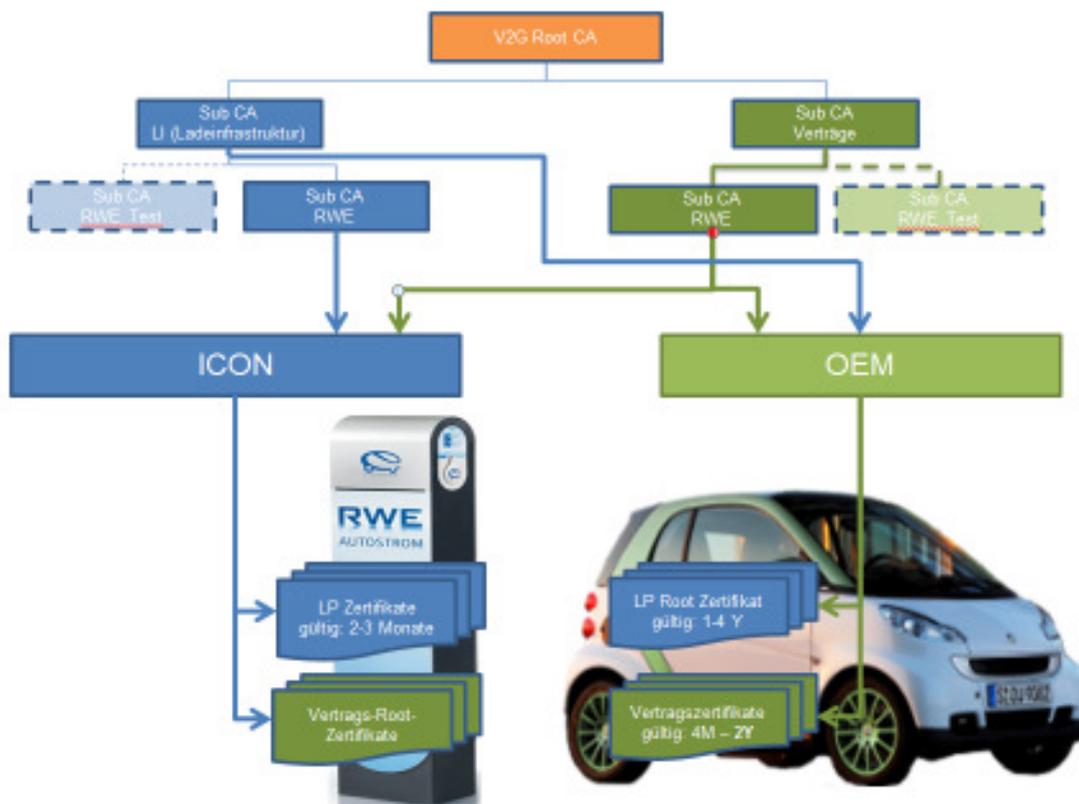


Abb. 24: Zertifikatsstruktur ISO/IEC 15118 (vereinfacht)

Das durch das Fahrzeug überprüfte Ladesäulenzertifikat muss im Rahmen des eMERGE Projektes auf die Boxen der Teilnehmer verteilt werden, damit das Fahrzeug sicherstellen kann, mit einer echten Ladesäule und nicht mit einer „falschen“ Infrastruktur verbunden zu sein.

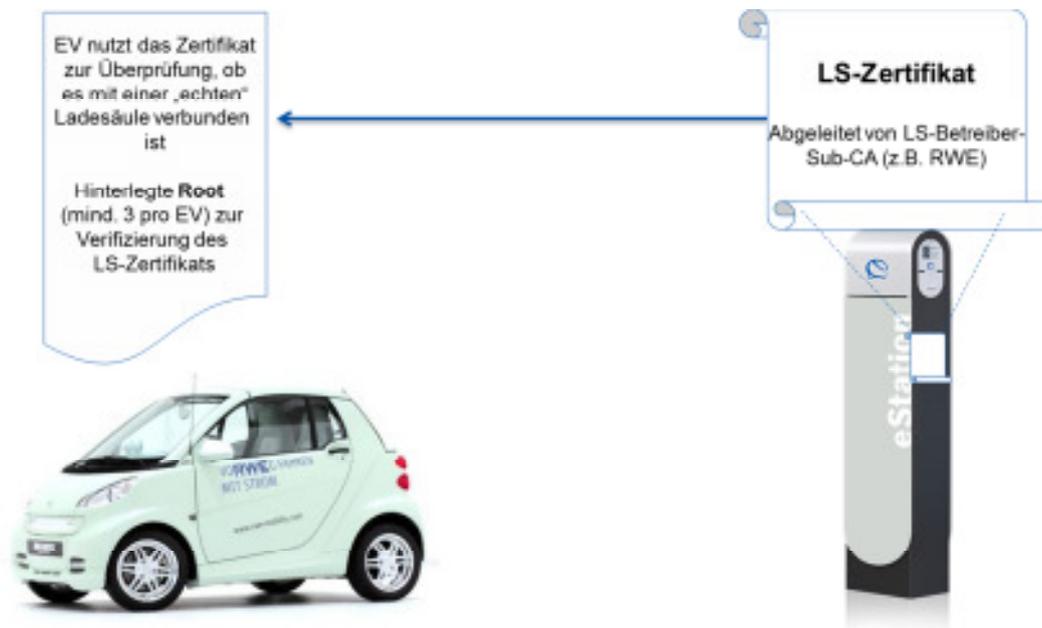


Abb. 25: Funktionsweise von Ladepunktzertifikaten

Das RWE System muss also sicherstellen, dass bei Verbinden des Smarts mit der Ladebox die entsprechenden Ladepunktzertifikate auf der Box installiert werden. Hierzu muss im RWE System eine Definition der eMERGE Hardware erfolgen. Für die Definition derjenigen Boxen, die im Scope des eMERGE Projektes stehen sollen, musste somit innerhalb des RWE Backendsystems die Möglichkeit geschaffen werden, Ladeequipment der Gruppe eMERGE zuzuordnen. Hierzu wurde diesen Boxen im System die Eigenschaft „15118“ und „15118pre“ zugeordnet.

PROFILZUWEISUNG

BITTE WÄHLEN SIE ZUNÄCHST EIN PROFIL FÜR DIE ZUWEISUNG AUS:

Profil: Beschreibung: Profil zuletzt geändert: 09.08.2012 10:07:00, 15118pre

Profil-Bemerkungen: Letzte öffentliche Version: 1.0.0

FINDEN SIE GATEWAYS FÜR DIE ZUWEISUNG:

Ladepunkt ID: Gateway ID: Eigentümer: IP-Adresse: Versionsstand:

Land: PLZ: Stadt: Straße: Hausnr.:

Zugewiesenes Parameterprofil: Gateways, die nicht Ihrem Profil entsprechen

BITTE WÄHLEN SIE ZUZUWEISENDE GATEWAYS AUS:

Gateway ID	Profilgruppe	versionsstand	Land	PLZ	Stadt	Straße	Zustat	Eigentümer	last modified
<input type="checkbox"/> 001302-000026	1.0.2	DE	43074	Aachen	Eisenbacher, 7			Envi Efficiency GmbH	
<input type="checkbox"/> 001303-000020	1.0.2	DE	52074	Aachen	Eisenbacher, 7			Envi Efficiency GmbH	
<input type="checkbox"/> 001300-000000	1.0.2	DE	53070	Aachen	Dahmstraße 10			Envi Energy und Wasser	12.12.2012 13:44:35

Abb. 26: Beispielhafte Zuordnung der 15118 Eigenschaften an Ladeinfrastruktur

Die Gruppe derjenigen Ladepunkte an allen Gateways, denen die Eigenschaft "15118" zugewiesen wurde, werden im Nachgang vom System automatisch mit den korrekten Ladepunktzertifikaten ausgestattet. Der Inhalt dieser Zertifikate ist in nachfolgender Tabelle dargestellt. Diese Felder (mit Ausnahme des Felds "Name") sind konfigurierbar und werden für alle Zertifikate verwendet. Das Feld "Name" wird dynamisch mit dem jeweiligen Ladepunkt belegt. Anhand der Bezeichnung des Ladepunkts kann ein Fahrzeug genau feststellen, an welcher Ladesäule / Box es sich befindet und diese Information somit seinem Fahrer durch verschiedene Medien (z. B. Head-Up-Display) anzeigen.

Wert	Beschreibung	Beispiel
Name	Name des Ladepunkts	BA-4711
Organisation		RWE AG
Organisationseinheit		RWE Effizienz GmbH
Stadt		Dortmund
Region		Nordrhein-Westfalen
Land		DE
E-Mail-Adresse	Kontaktadresse	info@rwe-mobility.com

Tab. 6 Inhalt eines Ladepunktzertifikats

Die Ladesäule wiederum benötigt für eine Aussage, ob die Vertragsnummer, die bei Plug&Charge übermittelt wird, echt ist, ebenfalls ein Zertifikat vom Fahrzeug, welches die Echtheit bescheinigt. Die folgende Abbildung erläutert diesen Zusammenhang.

Das Vertragszertifikat wird von der Ladesäule auf Korrektheit und Gültigkeit überprüft, indem es gg. das Rootzertifikat des vom Auto geschickten Vertragszertifikats prüft. Hierzu muss dieses Vertrags-Rootzertifikat auf der Ladesäule gespeichert sein. Die aus dem Vertragszertifikat ausgelesene Contract-ID wird analog zu bestehenden Prozessen ins Backend gesendet.

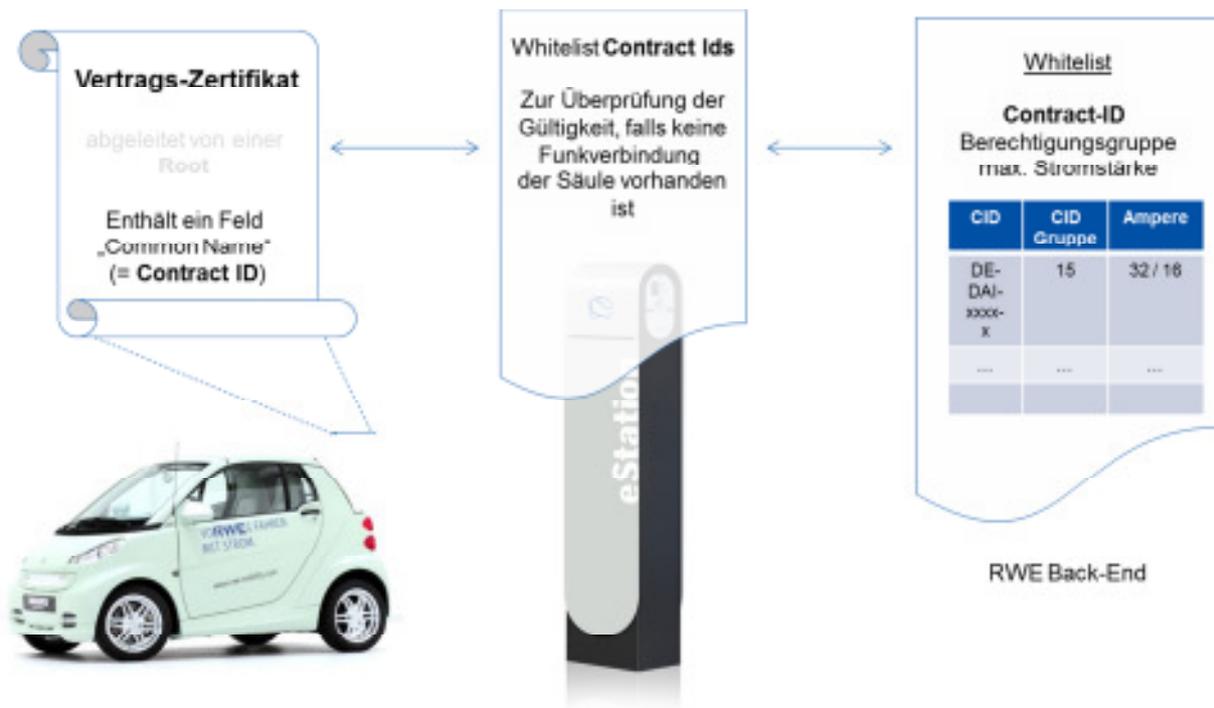


Abb. 27: Ablauf Vertragszertifikatsprüfung

3.2.2 Energiemanagement

Es ist davon auszugehen, dass Elektrofahrzeuge aufgrund des Mobilitätsverhaltens ihrer Nutzer zu bestimmten Zeiten (z. B. am Abend) parallel und gleichzeitig Energie beziehen. In einem Massenmarktszenario kann, das zeigen z. B. Simulationen im europäischen Förderprojekt PlanGridEV¹ davon ausgegangen werden, dass Niederspannungsinfrastruktur in Form von Transformatoren und Erdkabeln überlastet wird und verstärkt werden musste. „Intelligentes Laden“ begrenzt die Auswirkungen der durch Ladevorgänge verursachten, zusätzlichen Last im Verteilnetz und kann so volkswirtschaftlich einen erheblichen Beitrag leisten. Außerdem eröffnet „Intelligentes Laden“ die Möglichkeit, stark fluktuierende erneuerbare Energien einzubinden.

Das Energiemanagement dient dazu, Energie für Ladevorgänge an ihrer Ladeinfrastruktur, in Abhängigkeit der lokalen Situation im Energienetz, optimiert bereit zu stellen.

¹ <http://www.plangridev.eu/>

Folgende Aufgabenstellungen werden mit dem Energiemanagement behandelt:

- Welches Fahrzeug bekommt in welchem Zeitraum wie viel Leistung für den Ladevorgang?
- Welche Fahrzeuge werden beim Laden bevorzugt?
- Mit welcher Strategie sollen Fahrzeuge geladen werden?
- Anpassung des Verbrauchsverhaltens der Ladeinfrastruktur an individuelle geschäftliche Belange.

Für ein echtes Energiemanagement muss im System idealerweise die Vor-Ort-Situation abgebildet werden. Dazu wurde das in Abbildung 28 gezeigte Modell im System vorgesehen.

Es gibt ein Objekt Standort, der verwendet wird, um z. B. einen Parkplatz oder einen Transformator abzubilden. Für einen Standort kann eine Lastobergrenze in kW angegeben werden, um z. B. die maximale Leistung des Transformators abzubilden. Des Weiteren kann ein minimaler Ladestrom pro Phase definiert werden, um sicherzustellen, dass die Fahrzeuge immer einen minimalen Ladestrom angeboten bekommen.

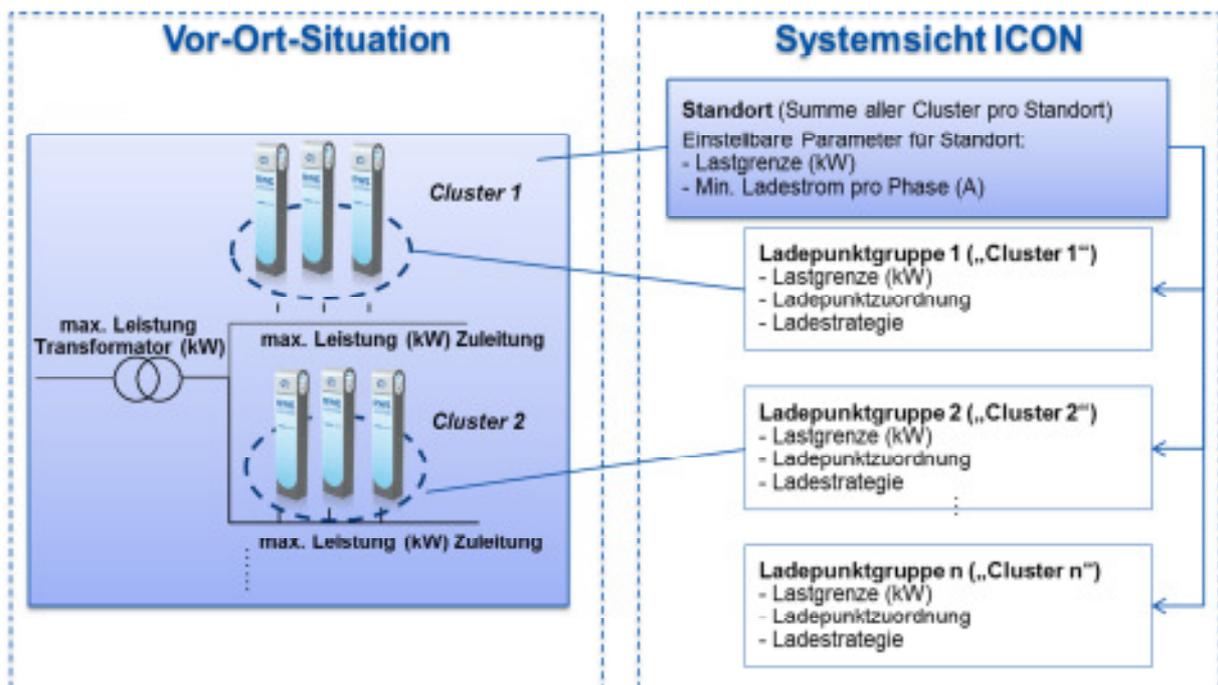


Abb. 28: Energiemanagement – Übersicht

Zu jedem Standort können eine oder mehrere Ladepunktgruppen (Cluster) angelegt werden. Dadurch können beispielweise einzelne Leitungstränge abgebildet werden. Jede dieser Ladepunktgruppen kann unabhängig und individuell voneinander konfiguriert werden. Das System stellt sicher, dass die Summe der einzelnen Lastgrenzen je Cluster nicht größer ist als die Lastgrenze des Standortes.

Da es sich im Projekt eMERGE um über die Bundesrepublik verteilte Ladeinfrastruktur handelt, ist eine Abbildung über echte Cluster leider nicht möglich. Allerdings wurde bewusst keine technische Limitierung für das Zusammenfassen von Infrastruktur gemacht, damit auch verteilte Infrastrukturen als sogenannte „virtuelle Cluster“ zusammengefasst werden können. Natürlich ergibt sich hieraus die Einschränkung, dass keine physikalische Obergrenze der maximalen elektrischen Leistung in diesem Cluster festgelegt werden kann, da sich die Infrastruktur an diversen elektrischen Subnetzen von mehreren Netzbetreibern befindet.

Das für das Projekt eMERGE befähigte System kann somit die auch ein virtuelles Cluster erzeugen, in dem alle Ladeboxen der eMERGE Flottenteilnehmer an einen „virtuellen“ Trafo angeschlossen werden können. Damit ergeben sich für eMERGE Lastmanagement-Strategien, die im Folgenden beschrieben werden.

3.2.3 Lastmanagement Strategien

Innerhalb dieses virtuellen Clusters können nun verschiedene Ladestrategien ausprobiert werden. Für die Umsetzung kann auf die in den Förderprojekten metropol-e (FKZ 03EM0605A) und Open Ecosphere (FKZ 01ME12085A) entwickelten Ladestrategien aufgebaut werden. Die Funktionsweise der einzelnen Strategien wird in den folgenden Abschnitten kurz erläutert. Genauere Beschreibungen kann der Projektdokumentation der beiden oben genannten Förderprojekte entnommen werden.

- Fix
- First come first served
- Renewables
- Dynamic limits

Fix

Die Ladestrategie Fix gibt für jeden Ladepunkt des Clusters eine maximale Ladeleistung vor. Diese ist über die Zeit nicht variabel. Um eine Worst-Case Abschätzung für IEC 61851-1 Fahrzeuge zu machen, wird die Leistung für diese Fahrzeuge auf drei Phasen berechnet. Die eingegeben Werte werden vom System validiert. Dadurch ist sichergestellt, dass die Summe der Leistungen der einzelnen Ladepunkte nicht größer ist als die Lastobergrenze des Clusters.

First come first served

Bei der Ladestrategie First come first served können zwei Parameter angegeben werden: Ein Upper level und ein Lower level.

Das erste Fahrzeug bekommt als maximale Ladeleistung das Upper level angeboten. Falls die Clusterleistung ausreichend ist, bekommen weitere Fahrzeuge ebenfalls Upper level. Ist die Clusterleistung dafür nicht mehr ausreichend wird nur noch das Lower level angeboten. Sobald ein Fahrzeug, welches mit Upper level lädt, seinen Ladevorgang beendet, wird ein anderer Ladevorgang von Lower level auf Upper level angehoben. Die Priorität richtet sich dabei nach dem Zeitpunkt, zu dem der Ladevorgang gestartet wurde. Fahrzeuge mit einem frühen Ladebeginn werden bevorzugt.

Auch bei dieser Ladestrategie gilt, dass die angegebene Leistung für Upper und Lower level immer bezogen auf drei Phasen ist.

Renewables

Diese Ladestrategie wird bevorzugt verwendet, wenn an dem gleichen Netzanschluss, an dem die Ladesäulen angeschlossen sind, eine Einspeisung mit Erneuerbaren Energien, z. B. über eine Solaranlage, stattfindet. In so einem Fall kann die Ladeinfrastruktur genutzt werden, um den Eigenverbrauch der selbst erzeugten Energie zu maximieren.

Dazu kann bei der Ladestrategie Renewables über eine Schnittstelle eine Vorhersage über die voraussichtliche Energieerzeugung einer Solaranlage oder einer anderen Energieerzeugungsanlage an das System übermittelt werden.

Das System versucht dann unter Berücksichtigung der Abfahrtszeit der Fahrzeuge die Ladevorgänge so zu optimieren, dass möglichst dann geladen wird, wenn gerade selbst erzeugte Energie zur Verfügung steht. Oberste Priorität hat allerdings der Ladewunsch des Fahrzeugs, d.h. nur wenn es aufgrund der Abfahrtszeiten der Fahrzeuge ausreichend Verschiebungspotenzial gibt, kann die selbsterzeugte Energie optimal genutzt werden. Fahrzeuge mit einem unbekanntem Abfahrtszeitpunkt werden auch dann geladen, wenn wenig oder keine selbst erzeugte Energie zur Verfügung steht.

Dynamic limits

Bei der Ladestrategie Dynamic limits kann über eine Schnittstelle eine zeitvariable Lastobergrenze je Ladepunktgruppe an das System übermittelt werden.

Die zeitvariable Lastobergrenze ist eine harte Grenze, die nicht überschritten werden darf. Die Lastobergrenze hat auch Vorrang, vor den Ladewünschen der Fahrzeuge. Das System steuert die Ladevorgänge so, dass diese Lastobergrenze immer eingehalten wird.

Die Verwendung dieser Ladestrategie setzt voraus, dass Fahrzeuge, die nach ISO/IEC 15118 laden, neue Ladepläne akzeptieren. Ist das nicht der Fall, kann dies zu einer Überschreitung der zeitvariablen Lastobergrenze führen.

Nachdem für den Standort die Strategie auf Dynamic limits eingestellt haben Sie die Möglichkeit ein Lastgangprofil eine Ladepunktgruppe über eine Schnittstelle zu übermitteln.

3.2.4 Notwendige Erweiterungen für eMERGE

Für das Projekt eMERGE mussten die Ladestrategien um die für ISO/IEC 15118 notwendigen Steuerungsparameter erweitert werden. Um ein Gefühl für die Besonderheiten des intelligenten Smart Charging zu bekommen, ist nachfolgend die Behandlung der 15118 Fahrzeuge im Zusammenhang mit dem Thema Lastmanagement beschrieben.

Elektrofahrzeuge, die gemäß des internationalen Smart Charging Standards ISO/IEC 15118 kommunizieren, haben die Besonderheit, dass sie der Ladeinfrastruktur vor Beginn der Ladesäule gemäß ISO/IEC 15118-2 folgende Informationen zur Verfügung stellen:

- Energiebedarf in Wh
- Abfahrtszeit
- Minimaler (vom Fahrzeug/Lader benötigter) Strom
- Maximaler (vom Fahrzeug/Lader benötigter) Strom
- Anzahl der durch das Elektrofahrzeug benutzten Phasen

Mittels des Energiebedarfs gibt das EV der Ladestation eine genaue Angabe der benötigten Energiemenge bis zum Erreichen des Aufladeziels mit. Die muss nicht immer 100 % State of Charge, also eine volle Batterie, sein, sondern kann auch nur eine Teilmenge sein, je nach Nutzerwunsch. Dieser Energiebedarf wird von der Ladesäule zu Ladebeginn an das Backend übergeben und kann somit als Berechnungsgrundlage für den Optimierungsalgorithmus genommen werden. Dies ist vor allem im Vergleich mit der zur Verfügung stehenden Gesamtenergie relevant. Wird während einer Ladesitzung aufgrund sich ändernder Netzsituationen oder Nutzerwünschen nachverhandelt, ändert sich dieser Energiebedarf bei einer neuerlichen Übertragung an das Backend und kann im Algorithmus neu nachjustiert werden. Aus energiewirtschaftli-

cher Sicht ist die Kenntnis über den Energiebedarf somit eindeutig wichtiger als der aktuelle oder gewünschte State of Charge / Ladezustand der Batterie.

Innerhalb des von der Ladesäule an das Backend übermittelten Ladeplans wird außerdem die zweite, für Smart Charging wesentliche Information, die Abfahrtszeit übertragen. Mittels der Abfahrtszeit, die in Sekunden ab jetzt angegeben wird, kann der Optimierungsalgorithmus zusammen mit dem Energiebedarf bestimmen, wie die Aufladung zu erfolgen hat, um den Nutzerbedarf auf der einen Seite und die Netzsituation auf der anderen Seite in Einklang zu bringen.

Auch die Information über den Minimalen/ und Maximalen Strom des Fahrzeugs ist eine wichtige Kenngröße, da im Projekt eMERGE zwei Arten von Smart Ed3 (schneller Lader mit 22kW = 32A / 3-phasig und „normaler“ Lader 3,7kW = 16A / 1-phasig) eingesetzt werden. Zusammen mit dem Energiebedarf und der Abfahrtszeit ermöglicht dies einen bestmöglichen Algorithmus.

Mittels der übermittelten Anzahl an Phasen ist es dem Backend möglich, eine Aussage über den physikalischen Energiebedarf im Ladepunktcluster zu machen und diese Beschränkungen entsprechen einzuberechnen. Für das Projekt eMERGE konnte diese Information leider nicht ausgewertet werden, da aufgrund der räumlichen Verteilung der Teilnehmer ein virtuelles Cluster angelegt wurde.

3.2.5 Ergebnisse

Das RWE Lademanagement wurde gemäß den oben beschriebenen Funktionen so erweitert, dass man innerhalb des Feldversuches in AP 330 gesteuerte Ladevorgänge zeigen kann. Außerdem wurden alle vom Auto übergebenen Parameter, die sinnvollerweise für eMERGE genutzt werden können (s. Abschnitt Energiemanagement) für die Optimierung in der Strategie „Dynamic Limits“ integriert. Das Resultat und die Funktionsweise dieser Integration sind in Abbildung 29 sichtbar. Es ist ersichtlich, dass in der Zeit zwischen 9:00 und 13:00 keine Ladeleistungen über der maximalen Clusterleistung zugelassen werden. Vor und nach diesem Zeitfenster sind die vom Fahrzeug mitgeteilten Ladeverläufe in Rot und die zur Verfügung stehende Energie in Grün zu sehen.



Abb. 29: Strategie Dynamische Lastgrenze – Lastgangprofil

Als Parameter bei der Übermittlung des dynamischen Lastgangprofils werden dem sogenannten Load limit Service die Lastgrenzen für eine bestimmte Ladepunktgruppe eines bestimmten Standorts übermittelt. Die Übermittlung kann grundsätzlich beliebig oft erfolgen. Nach einer Übermittlung eines neuen Lastgangprofils erfolgt eine Neuberechnung der Ladepläne aller aktiven Ladevorgänge. Diese Neuberechnung kann bis zu zwei Minuten dauern.

Bei der Berechnung der Ladepläne werden die Ladevorgänge nach folgenden Regeln optimiert und priorisiert:

Fahrzeuge mit einem früheren Abfahrzeitpunkt werden gegenüber Fahrzeugen mit einem späteren Abfahrzeitpunkt bevorzugt. Wenn Fahrzeuge den gleichen Abfahrzeitpunkt haben oder mehrere Fahrzeuge einen unbekanntem Abfahrzeitpunkt haben, so werden Fahrzeuge bevorzugt, welche sich zuerst authentifiziert haben. Wenn möglich, wird die minimale Ladeleistung, die ein Fahrzeug der Ladesäule mitgeteilt hat, für einen Ladevorgang bereitgestellt. Kann die minimale Ladeleistung nicht mehr bereitgestellt werden, werden Ladevorgänge auf 0A heruntergeregelt. Fahrzeuge, die keinen Abfahrzeitpunkt angegeben haben, werden schnellstmöglich geladen.

Eine Neuberechnung der Ladeplanungen erfolgt, nachdem ein neues Ladeprofil übermittelt wird oder nach jeder Änderung in der Ladepunktgruppe (Parameteränderung, neues Fahrzeug angeschlossen oder abgeschlossen, usw.).

3.3 Testen im Rahmen des Feldversuchs

330	<p>1. Ziel des Arbeitspaketes</p> <p>Test und Validierung der in den AP 310 und 320 erarbeiteten Ergebnisse und Beweis der Funktionalität der Systeme im Betrieb</p> <p>2. Voraussetzungen (Input)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Arbeitsergebnisse aus Unterarbeitspaket 310 liegen vor (Fahrzeugseitige Implementierung des Kommunikations-Standards nach ISO/IEC 15118) ▪ Arbeitsergebnisse aus Unterarbeitspaket 320 liegen vor ▪ Fahrzeuge mit implementiertem Kommunikations-Standards nach ISO/IEC 15118 stehen zur Verfügung <p>3. Aufgabenbeschreibung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Spezifikation von Testfällen ▪ Praktischer Test im Rahmen von Alltagssituationen ▪ Analyse der Funktionalität der Ladeinfrastruktur und des Ladeinfrastruktur Backends im operativen Betrieb des Feldtests ▪ Dokumentation der Testergebnisse ▪ Feststellungen von Optimierungsansätzen <p>4. Ergebnisse (Output)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Funktionierende Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladeinfrastruktur auf Basis ISO/IEC 15118 zwischen Fahrzeug und Ladeinfrastruktur
------------	--

- Ermöglichung gesteuerter Ladevorgänge durch Lademanagement im Hintergrund
- Input für mögliche Optimierung in der Spezifikation der Ladekommunikation
- Input für zukünftige Konformitätstest zwischen Fahrzeugen und Ladeinfrastruktur allgemein
- Validierung der prototypischen Umsetzung
- Herausstellen von möglichen Optimierungsansätzen

Tab. 7: Ziele und Aufgaben AP 330

3.3.1 Diskussion verschiedener Ladestrategien im Projekt eMERGE

Im Rahmen eines eintägigen Workshops aller beteiligten Projektstakeholder im Februar 2014 in Dortmund wurden fünf verschiedene Ladeszenarien erarbeitet, die im Rahmen des Projektes getestet werden sollten. Hintergrund und Motivation war es, möglichst viele verschiedene Anwendungsfälle zu testen, die die Teilnehmer des Workshops als realitätsnah eingeschätzt haben.

- Fix Steuerungs-Strategie ohne Einschränkung der Ladekapazität. Diese Strategie bietet sich vor allem am Anfang an, um das grundsätzliche Verhalten der Kundengruppe in Gänze zu ermitteln. Hierbei sollten keinerlei Einschränkungen des Nutzerverhaltens, sprich keine Leistungseinschränkung über den Tag, vorgenommen werden.
- Laden wenn erneuerbare Energie verfügbar ist. Grundlage hierfür könnte eine Prognose für die Erzeugung erneuerbarer Energien in einem speziellen räumlichen Gebiet, wie z. B. das Rhein/Ruhr Gebiet, entweder Essen oder der schon vorhandene Standort Flamingoweg in Dortmund sein. Somit könnten die Fahrzeuge ihr Ladeverhalten nach einer möglichst klimaneutralen „Tankfüllung“ optimieren, insofern ihnen genügend zeitlicher Spielraum (Stichwort: Abfahrtszeit) zur Verfügung steht.
- Laden mit fiktivem Preis bzw. Kosten, die CO2 Anteil repräsentieren. Hiermit kann dem Fahrzeug ein Tag/Nacht-Tarif dargestellt werden. Kunden müssten hierzu um Einverständnis gebeten werden, da es zu einer Einschränkung der Ladeleistung kommen kann.
- Aufbau einer zum normalen Haushaltsprofil inversen Lastvorgabe. Hiermit könnte man vor allem in Ballungszentren einen Netzoptimierungsansatz fahren.
- Limitierung der Ladeleistung über die Mittagszeit. Der Anwendungsfall hinter dieser Strategie ist z. B. produzierendes Gewerbe, welches sich nur eine bestimmte Energiemenge über Mittag reserviert hat und aus Kostengründen darauf achten muss diese Menge nicht zu überschreiten.

Darüber hinaus gibt es Fragestellungen, die es bei der Analyse der Daten zu berücksichtigen gilt:

- Hat eine „flächenmäßige“ Vorkonditionierung von Fahrzeugen (z. B. wenn alle Fahrzeuge morgens um 8 vorkonditioniert sein sollen) einen merklichen Effekt auf die Steuerung?
- Hat die Änderung der Prognose (verfügbarer Energie über die Zeit) bzw. die Änderung der Abfahrtszeit durch den Kunden einen Einfluss auf das Nutzungsverhalten des Fahrers?

3.3.2 Kundenprofil im Projekt eMERGE

Die Anwendung dieser Szenarien soll bei den eMERGE Projektteilnehmern und damit in der realen Anwendung und nicht in Simulationen erfolgen. Hierzu wurden im März/April 2014 zehn Boxen bei Endkunden im Ruhrgebiet und Berlin installiert. Da diese Kunden hauptsächlich Fahrzeuge mit 3,7kW Lader haben, werden an diesen Boxen keine höheren Ladeleistungen erwartet (es gibt auch eine Smart Version mit einem Schnelllader, der 22kW Leistung beziehen kann). Die Aufstellung der Teilnehmerstruktur sieht wie folgt aus:

- 7 Privat
- 3 Gewerblich
 - Wohnstättengenossenschaft; Öffnungszeiten Mo – Fr
 - Elektrounternehmer; Öffnungszeiten Mo – Fr
 - Pflegedienst; Öffnungszeiten Mo - So - vermutlich kein Zwischenstopp Laden

Aufgrund der kleinen Anzahl an Teilnehmern könnte es schwierig werden, spezifische Rückschlüsse auf das Verhalten einzelner Nutzergruppen zu ziehen. Hierzu sind die Anzahl an Ladevorgängen und die Stichprobe höchstwahrscheinlich zu klein. Neben den privaten Teilnehmern gibt es noch eine RWE Flotte mit 22kW Lader, die als konzerninterne Pendlerflotte genutzt wird. Details hierzu können dem Bericht zum AP 800 entnommen werden. Aufgrund des Nutzungsprofils dieser Fahrzeuge, die im Zweifel nach einer halben Stunde wieder von anderen Mitarbeitern für die nächste Fahrt zwischen den RWE-Standorten genutzt werden, wurden diese Fahrzeuge für das Energiemanagement nicht weiter betrachtet.

3.3.3 Kommunikation der Ladeszenarien an Nutzer

Wichtig für den Projekterfolg und die Erkenntnisse der Effektivität der Lastmanagement Szenarien ist die Bereitschaft der Teilnehmer zur Teilnahme abzufragen. Das ist wichtig, da es je nach Ausgestaltung des Szenarios (s.o.) zu bestimmten Zeitpunkten nicht genügend verfügbare Leistung für eine gleichzeitige Ladung aller Projektteilnehmer (z. B. am Abend gg. 17.00 Uhr) mit maximaler Stromstärke zur Verfügung steht. Es wurde festgehalten, dass die Universität Siegen die Projektteilnehmer vor den Phasen anspricht und kurz erläutert, was in welcher Phase zu tun ist, und was getestet werden soll.

Das Vorgehen für die einzelnen Szenarien ist, zusammengefasst, in der folgenden Schrittfolge wiedergegeben:

- Festlegung der durchzuführenden Phase in der eMERGE Regel-Telefonkonferenz, die alle zwei Wochen stattfindet, um alle Projektpartner zu informieren.
- Neue Phase muss ca. 2-3 Wochen vor Beginn mit den Kunden besprochen und angekündigt werden.
- Ziel ist es, vier Testphasen von je zwei Monaten Dauer vom 01.04.14 bis 30.11.14 durchzuführen.
- Voraussetzung hierzu ist, dass die Fahrzeuge reibungslos an der Ladeinfrastruktur funktionieren.
- Nach einer Phase muss Kundenfeedback zur zurückliegenden Phase eingeholt werden.
- Da die Laufzeit des Projekts im Juni 2015 endet, muss das Ende der Feldversuche spätestens im Februar 2015 erfolgen, um noch Zeit für Analysen und Berichte zu haben.

3.3.4 Ergebnisse

Gegenüber der Planung von Anfang 2014, innerhalb des Projektes eMERGE vier Szenarien mit den Kunden durchzuspielen, konnten im weiteren Verlauf leider lediglich zwei Szenarien erfolgreich durchgeführt werden, da es bei der Durchführung der Ladestrategien zu einigen Fehlerfällen kam, die ausführlichere Szenarienläufe verhindert haben. Nachfolgend sollen die Gründe hierfür kurz erläutert und eingeordnet werden.

Ein Aspekt war die relativ lange Vertrags- und Installationsphase. Im Mai 2015 waren nur fünf der geplanten zehn Installationen bei den Teilnehmern betriebsbereit (Details hierzu können dem AP 800 Bericht entnommen werden). Im AP 300 wurde deshalb beschlossen, den Start der Ladeszenarien auf den Zeitpunkt zu verschieben, an dem mindestens acht Projektteilnehmer aktiv ihre Ladeinfrastruktur nutzen, um Gleichzeitigkeitseffekte beobachten zu können. Hierbei gilt es zu beachten, dass neben reinen Installationsarbeiten (Anbringen der Box an der Wand, ggf. Verlegen von Leitungen) auch im RWE Backend System Prozesse gestartet werden mussten. Wie dem Bericht zum AP 320 zu entnehmen ist, mussten die Ladeboxen zum einen mit Zertifikaten versorgt und zum anderen dem eMERGE Ladesäulencluster zugeordnet werden.

Ein weiterer Aspekt waren im Feld auftretende technische Probleme. In dem am Ende dieses Berichts stehenden „Lessons Learned“ Abschnitt wird auf diese Fehler detailliert eingegangen. In allen Fällen konnten sich die Projektteilnehmer an RWE per Telefon und E-Mail wenden. Zusammenfassend kann man jedoch folgende Effekte aus Kundensicht festhalten:

- Intelligente Ladungen brechen in unregelmäßigen Abständen während der Ladung ab und fangen nicht wieder automatisch an.
- Kommunikation zwischen Auto und Ladesäule kann nicht aufgebaut werden, weshalb keine Ladung startet. Für den Kunden ist der Grund hierfür nicht ersichtlich. Ein erneutes Aus- und Einstecken des Fahrzeugs führt zur Problembeseitigung.

Zur Lösung dieser im Feld auftretenden technischen Probleme hat RWE zusammen mit dem Projektpartner Daimler und den Projektteilnehmern in diversen Telefon- und Webmeetings versucht die Hintergründe der Fehler herauszufinden und Abhilfe zu schaffen. Hierzu wurde die Software auf den Ladesäulen z. B. mit erweiterten Loggingmechanismen ausgestattet, da die Fehler oftmals dann auftraten, wenn der Teilnehmer nicht mehr direkt neben dem Auto stand.

a. Fix Steuerungs-Strategie ohne Einschränkungen (Juli – November 2014)

Zu Beginn des Monats Juli wurde mit dem ersten Szenario, ohne energieseitige Einschränkungen, begonnen. Abbildung 30 zeigt, dass die Auslastung der Infrastruktur vor allem in den Morgenstunden mit bis zu 65kW gegeben ist. Die grüne Linie im Diagramm zeigt an, dass für die insgesamt zehn Teilnehmer über 24 Stunden am Tag 250 kW Leistung „reserviert“ wurde, also 25 kW pro Fahrzeug. Selbst wenn alle Nutzer der Fahrzeuge gleichzeitig laden würden ($10 \times 3,7\text{kW} = 37\text{kW}$) wäre die Leistung durch das System nicht limitiert worden. Dieses Szenario diente also in erster Linie der Bestandsaufnahme und Beobachtung des „normalen“ Verhaltens der Projektteilnehmer, um Vergleichbarkeit herzustellen.

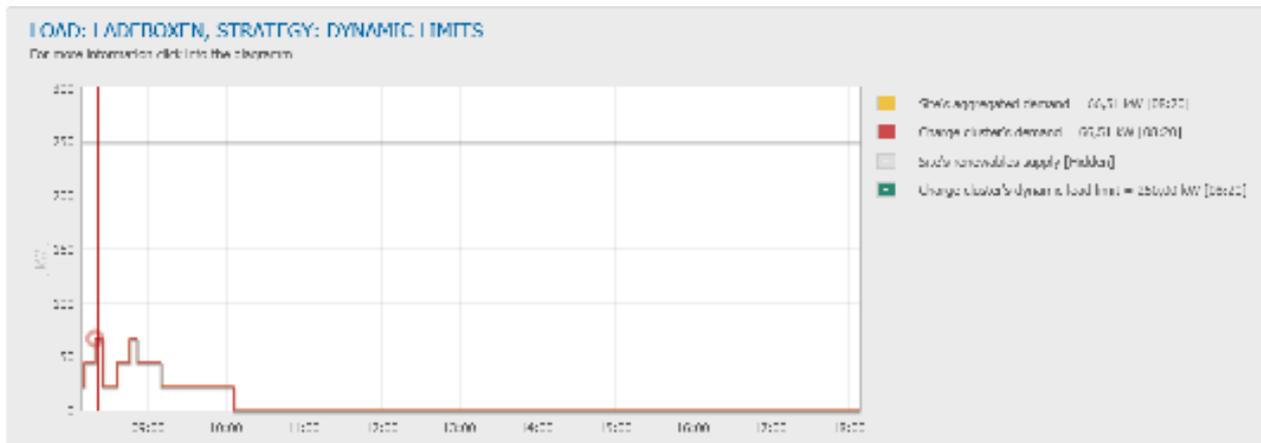


Abb. 30: Auslastung der eMERGE Ladeboxen im ersten Szenario

Durch Diskussion mit den Projektteilnehmern in den diversen Kundenevents konnte außerdem geklärt werden, dass der Ladebedarf besonders in den Morgenstunden hoch ist, da die gewerblichen Teilnehmer hier ihre Fahrzeuge nochmals aufladen. Darüber hinaus sind viele der eingesetzten Smarts auch als Zweitwagen in der Nutzung, was die Beobachtung ebenfalls bestätigt.

b. Erneuerbare Energien-Szenario (März – Juni 2015)

Eines der am intensivsten getesteten Szenarien im Projekt eMERGE war das sogenannte „erneuerbare Energien“-Szenario. Hierfür wurde eine Prognose der aus erneuerbaren Erzeugung zur Verfügung stehenden Energien für einen Standort in Dortmund exemplarisch übernommen. Abbildung 31 illustriert die daraus resultierende maximale zur Verfügung stehende Energie für die Projektteilnehmer über den Tag verteilt. Beispielhaft bedeutet das, dass für alle zehn Projektteilnehmer um 18:00 Uhr ca. 25kW Energie zum Laden bereitstanden – oder 2,5 kW pro Fahrzeug. Mittels dieses Szenarios kann also getestet werden, ob es möglich ist, alle Elektrofahrzeuge der Projektteilnehmer so gesteuert zu laden, dass die Nutzung der beispielhaften Erzeugung von erneuerbaren Energien größtmöglich ausgenutzt werden kann.

Beispielszenario: Einspeiseleistung ‘Erneuerbare Energien’

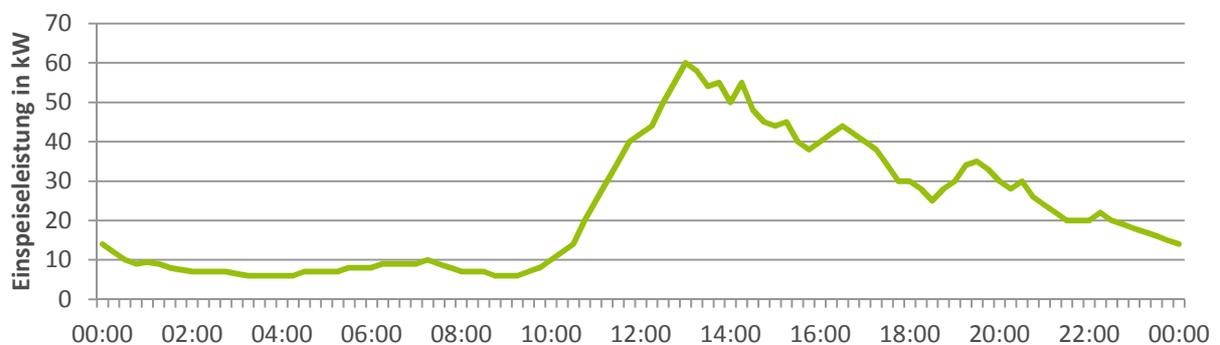


Abb. 31: Beispielszenario: Einspeiseleistung Erneuerbare Energien

Besonders spannend war in diesem Zusammenhang natürlich die Rückmeldung durch die Teilnehmer, in wie fern sie Einbußen in ihrem Nutzungsverhalten haben feststellen können oder ob das Ladesystem „Vorgabe Erneuerbare Energien - RWE Backend – Ladesäule – Auto“ in der Lage ist, die Bedarfe der einzelnen Fahrzeuge effektiv zu verwalten. Das nachfolgende Bild (Abbildung 32) steht exemplarisch für den eintretenden Effekt, dass es nämlich zu keinerlei Komfortverlust bei den Kunden kam, und das System den Bedarf der Ladepunktgruppe (der Elektrofahrzeuge) optimal gegen die zur Verfügung stehenden erneuerbaren Energien spiegelte. Vor diesem Hintergrund kann man den Projekterfolg vor allem hinsichtlich Nutzerakzeptanz besonders herausstellen und der anfänglichen Skepsis nun proaktiver entgegenzutreten.

Insgesamt wurden innerhalb dieses Szenarios

- 736 Ladevorgänge durchgeführt,
- 5.901 kWh Energie „intelligent“ geladen,
- die Fahrzeuge durchschnittlich 11h mit der Ladebox verbunden (dies zeigt die Flexibilität, die während der Aufladung zur Verfügung steht).



Abb. 32: Effekt ISO/IEC Lastmanagement

Mittels des Projektes eMERGE konnten RWE und die beteiligten Konsortialpartner zeigen, dass es nicht nur in der Theorie sondern auch ganz praktisch möglich ist, Fahrzeuge intelligent und ausschließlich mit zur Verfügung stehender erneuerbarer Energie aufzuladen. Hierzu wurden die Vorteile des Standards ISO/IEC 15118 gegenüber „herkömmlichen“ Elektrofahrzeugen, nämlich automatische Nutzerauthentifizierung, Übermittlung der aktuellen und wahrscheinlich zukünftigen Netzauslastung an das Fahrzeug sowie die Einbeziehung der Nutzerwünsche hinsichtlich Abfahrtszeiten voll und ganz ausgespielt. Auf der anderen Seite wurden auch noch Verbesserungspotenziale und kleinere Fehler bei der Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladesäule entdeckt, die mittlerweile wieder als Verbesserung in die internationale Standardisierung eingeflossen ist. Daimler und RWE haben hier als „Early Adopter“ des internationalen Standards vor allem durch die praktische Erprobung wertvolle Hinweise für zukünftige SmartCharging Anwendungen und damit ein interoperableres und einfacheres System in die entsprechenden Gremien zurückspielen können.

3.4 Lessons learned und Empfehlungen

Ziel dieses Abschnittes ist es, die im Bericht zum AP 330 aufgeführten technischen Probleme bei der Ladekommunikation zwischen Auto und Ladesäule genauer zu beschreiben und daraufhin abgeleitete Maßnahmen für die Verbesserung der Funktionen zu erläutern. Die Auffälligkeiten lassen sich in Prozessthemen auf der einen, sowie auf systemimmanente Themen auf der anderen Seite unterteilen.

Auf der Prozessseite gibt es zwei nennenswerte Punkte. Zum einen gab es den Fall, dass die Vertragszertifikate der Fahrzeuge nicht im System bekannt bzw. gepflegt waren. Dies führt dazu, dass die Autorisierung des Fahrzeuges abgelehnt wird und das Fahrzeug nicht aufgeladen wird. Ursächlich hierfür ist entweder, dass die Vertragsnummer tatsächlich nicht im System eingepflegt war (einfach zu klärender Fall) oder, dass die Vertragsnummer zuvor nicht RWE mitgeteilt wurde. Insbesondere der letzte Fall deckt ein Verbesserungspotenzial, gerade des 15118 PRE-Standards auf. Weil diese Vorgängerversion keine Möglichkeit einer automatischen Vertragsinstallation durch die Säule bietet, musste Daimler die Vertragszertifikate bei Produktion des Fahrzeugs in den Speicher schreiben. Aufgrund der Tatsache, dass das 15118 Plug&Charge Feature nicht aktiv von Daimler vermarktet wurde und die Händler entsprechend keine oder nur wenig Kenntnis über dieses Feature hatten, konnten die Projektteilnehmer oftmals auf Anfrage ihre im Fahrzeug verbaute ID nicht mitteilen. Als Problemlösung hat RWE seinerseits Loggingmechanismen in die Säule erweitert, um die (abgelehnte) Nummer beim Anstecken auszulesen. Diese Prozesslücke wurde von beiden Projektpartnern erkannt und als Verbesserungsvorschlag in die internationale Standardisierung gespiegelt. In dem veröffentlichten internationalen ISO 15118 Standard ist somit die Möglichkeit einer automatisierten Vertragsinstallation mit minimierter Nutzerinteraktion geschaffen worden. Zum anderen kam es zu Problemen, weil den Ladeboxen kein Ladesäulenzertifikat zugeteilt worden ist bzw. die Ladeboxen nicht der richtigen Gruppe zugeordnet waren. Dies konnte nach Feststellung durch eine einfache Konfiguration auf RWE Seite behoben werden.

Systemimmanente Fehler konnten vor allem auf die Art und Weise der Kommunikation zurückgeführt werden. Die Kommunikation wird über eine sogenannte Powerline Kommunikation (engl. PLC) aufgebaut. Hierbei werden die zu übermittelnden Daten auf spannungsführende Leitungen mittels eines PLC Modems „aufmodelliert“ und beim Empfängermodem „dechiffriert“. Beim 15118 PRE Stand geschieht dieses „aufmodellieren“ auf den Energieleitungen der 1. Phase (L1) und dem Neutralleiter (N). Schaut man sich die Verschaltung einer Ladesäule an, so stellt man fest, dass beim Zuschalten des Schützes diese Leitungen mit der vorgelagerten Installation verbunden sind (sonst würde keine Energie in die Fahrzeuge fließen). Dies hat zur Folge, dass Störungen auf der Leitung durch z. B. PV Anlagen direkten Einfluss auf die Kommunikation nehmen können. Wird eine kritische Störungsgröße überschritten (diese ist leider ortsabhängig und kann daher nicht pauschal beziffert werden) reißt die Kommunikationsverbindung zwischen Auto und Ladesäule ab und die Ladung wird unter- bzw. abgebrochen. Hierfür gibt es verschiedene Alternativen der Stabilisierung wie z. B. den Einbau von EMV Filtern oder einer gesonderten Leitungsverlegung, um Störeinflüsse zu minimieren. Je nach Fall wurde im Projekt eMERGE eine dieser Lösungen herangezogen. Als Resultat dieser Erkenntnisse wurde auf internationaler Ebene nach Aufbringen dieser Thematik durch RWE und Daimler festgelegt, zukünftig die Daten auf die Pilotleitung (Control-Pilot = CP) und den Schutzleiteranschluss (PE) aufzumodellieren, da diese als störarm angesehen werden können und diese Eigenschaft auch in einer ersten Felderprobung unter Beweis stellen konnten.

4 AP 400 – Verkehrsseitige Anforderungen - Aufbau und Förderung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur

Autoren

PTV AG

Inga Luchmann

Dr. Alexander Dahl

Nora Szabo

TU Berlin, Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik

Prof. Dr. Thorsten Beckers

Jonas Hildebrandt

Till Kreft

Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM)

Matthias Hartwig

Prof. Dr. Michael Rodi

Kommunen und Privatwirtschaft können im Rahmen ihrer Handlungsmöglichkeiten durch den Aufbau öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur¹ die Ausgangsbedingungen für die Einführung von Elektromobilität maßgeblich mitgestalten. Erst ein Laden im öffentlichen und halböffentlichen Raum als komplementäres Angebot zum mehrheitlich erwarteten privaten Laden gewährleistet die Alltagstauglichkeit von Elektrofahrzeugen. Der öffentliche, diskriminierungsfreie Zugang zu Ladepunkten öffnet den Markt für eine breite Masse an Nutzern. Ein bedarfsgerecht ausgebautes öffentlich zugängliches Netz an Ladeinfrastruktur schafft auf Nutzerseite Sicherheit, sollte die Batteriekapazität nicht ausreichen und ein Zwischenladen notwendig sein. Es kann die Reichweite der Fahrzeuge durch ein Zwischenladen aber auch gezielt erhöhen. Anbietern von Mietwagen und standortungebundenem, sogenanntem Free-Floating Carsharing schafft ein öffentlich zugängliches Ladenetz erst die Möglichkeit, Elektrofahrzeuge einzusetzen.

¹ Öffentliche Ladepunkte sind auf öffentlichem Grund und halböffentliche Ladepunkte sind auf privatem Grund, beide sind jedoch der Allgemeinheit zugänglich. Öffentliche und halböffentliche Ladeinfrastrukturen werden im AP 400 als öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur bezeichnet.

Die Arbeiten der PTV AG innerhalb des Arbeitspaketes 400 hatten das Ziel, den Bedarf an öffentlicher und halböffentlicher Ladeinfrastruktur in der Stadt Berlin für das Jahr 2025 zu ermitteln und kleinräumig zu lokalisieren. Das Ergebnis sollte mit der Weiterentwicklung der makroskopischen Verkehrsmodellierungssoftware VISUM in Form einer Integration von agentenbasierten Daten und Simulationen verifiziert werden. Dazu wurden Szenarien der Elektromobilitätsentwicklung in Abstimmung mit dem Projektkonsortium entwickelt (AP 410). Im Rahmen des AP 420 wurden Berechnungen zur Ermittlung des Ladeinfrastrukturbedarfs durchgeführt und Touren ausgewählter Nutzer beispielhaft simuliert und analysiert (MS1). Ein Meilensteinbericht „Bericht zur Ermittlung des öffentlich zugänglichen Ladeinfrastrukturbedarfs“ rundete die Arbeiten des AP 420 ab (MS2). Ziel von TUB-WIP war innerhalb des AP 430 die ökonomische Analyse der Bereitstellung von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im halböffentlichen Bereich, die insbesondere auf Parkflächen vom Einzelhandel (beispielsweise Supermärkte oder Möbelhäuser) und von Freizeitangebietern verortet ist. Die ökonomische Analyse wurde auch durch rechtliche Aspekte ergänzt (MS3). In dem gemeinsamen Arbeitspaket 440 ziehen PTV AG und TUB-WIP Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen ihrer jeweiligen Arbeitspakete. Diese werden in einem gemeinsamen Meilensteinbericht „Bericht zur Beurteilung der Handlungsoptionen für die öffentliche Hand“ gebündelt formuliert (MS4).

4.1 Inhaltliche Verzahnung, Schnittstellen, Daten- und Informationsaustausch - AP 410 (PTV AG)

Die inhaltliche Verzahnung der Arbeiten fand mit dem Projektkonsortium und innerhalb des AP's statt. Dazu wurden regelmäßige Arbeitssitzungen und Telefonkonferenzen durchgeführt. Mit TUB-WIP wurden stets Arbeitsstände ausgetauscht und Ergebnisse diskutiert. An Forschungsschnittstellen wurden die Ergebnisse und Kenntnisse der Projektpartner für die Parametrisierung der Szenarien genutzt und verwendet. Aktuelle Erkenntnisse aus den Arbeitspaketen 200, 300 und 500 sind in die Annahmen zu technischen Voraussetzungen der Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur sowie zum Fahr- und Ladeverhalten eingeflossen.

In Absprache mit Fraunhofer Fokus, dem AP 600, wurden einige Ergebnisse aus dem AP 420 (Daten zu Weitpendler- und Carsharertouren sowie Angaben zum Ladeinfrastrukturbedarf) dem Projektpartner für die Simulation der Umgebung maßgeschneidert übergeben.

4.2 Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur – AP 420 (PTV AG)

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt gibt es kaum Einschätzungen dazu, wie eine künftige Bedarfsgerechtigkeit, d.h. ein optimales Verhältnis von Ladepunkten zu Elektrofahrzeugen, aussehen soll. Ein bedarfsgerechter, weitgehend flächendeckender Aufbau blieb bislang aus, soll aber in den kommenden Jahren analog zum wachsenden Elektrofahrzeugbestand erfolgen (NPE 2014: 23). Diese Vorgehensweise resultiert aus dem Umstand, dass die erforderliche Anzahl an öffentlich zugänglichen Ladepunkten maßgeblich von der diesbezüglichen Nachfrage bestimmt wird. Die Entwicklung der Elektromobilität hängt jedoch von einer Reihe heute nur sehr bedingt vorhersagbaren Einflussgrößen ab. Für einzelne Kommunen besteht keine allgemein anerkannte Prognose hinsichtlich der Elektrofahrzeugzahlen. Daher hat sich die PTV dazu entschlossen, die Elektromobilitätsentwicklung und damit den Ladeinfrastrukturbedarf für Berlin anhand von zwei Entwicklungsszenarien abzubilden. Die Szenarien unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Fahrzeugpenetration mit Elektroantrieb^{1, 1}. Für beide alternativen Marktentwicklungspfade sollte der öffentlich zugängliche

¹ Prinzipiell werden bei der nachfolgenden Fragestellung zur Verortung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur alle individuellen motorisierten Fahrzeuge betrachtet, die an öffentlich zugänglichen Ladepunkten laden können. Neben rein batteriebetriebenen Fahrzeugen (BEV) werden von außen aufladbare Hybridfahrzeuge wie Plug-In-Hybride (PHEV) und Range-

Ladeinfrastrukturbedarf für das Jahr 2025 im Raum Berlin abgeschätzt und im Stadtgebiet bedarfsgerecht lokalisiert werden. Dem liegt die These zugrunde, dass der Ladeinfrastrukturbedarf von der Anzahl der potenziellen Nutzer entsprechend ihrer Wohn- und Aktivitätenorte sowie der jeweiligen Verweildauer der Fahrzeuge abhängt. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten der PTV lag darin, Touren ausgewählter Nutzerpotenziale mit Hilfe von agentenbasierter Simulation darzustellen und so eine Möglichkeit zu schaffen, die Ergebnisse zur Bedarfsabschätzung plausibilisieren zu können. Dazu mussten zuerst Touren erzeugt, anschließend mit Hilfe der Verkehrsmodellierungssoftware VISUM agentenbasiert dargestellt werden. Die demonstratorhafte Betrachtung soll der nachgelagerten Entwicklung der bestehenden Software zur Verkehrsmodellierung dienen.

4.2.1 Modell- und Datengrundlagen

Grundlage für die Ermittlung des Ladeinfrastrukturbedarfs ist die „Gesamtverkehrsprognose 2025 für die Länder Berlin und Brandenburg“ (GVP). Es handelt sich dabei um eine Verkehrsprognose, die das Verkehrsgeschehen im Rahmen eines multimodalen Verkehrsmodells in den Ländern Berlin und Brandenburg für das Jahr 2025 abbildet (PTV AG; TCI Röhling 2009). Zur Bedarfsermittlung von Nutzerpotenzialen und Ladepunkten ist das Verkehrsmodell von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt freigegeben worden. Das Modell wurde für die Zwecke des Vorhabens aufbereitet und ist in räumlicher Hinsicht feiner differenziert worden. Dazu wurde ein feinmaschiges Raster an Verkehrszellen unterhalb der bisherigen Verkehrszellenebene implementiert. Die einzelnen Verkehrszellen enthalten Strukturdaten zu Bevölkerung, Beschäftigung, Flächennutzung und zum Verkehrsgeschehen an Werktagen². Darüber hinaus sind verschiedene Statistiken zum Mobilitätsverhalten und der Raumstruktur Berlins sowie vielfältige plausibilisierte Annahmen zu einzelnen Detailfragen in die Untersuchung eingeflossen.

4.2.2 Identifizierung und Berechnung von Nutzerpotenzialen für zwei Szenarien

Die Anschaffung und Nutzung von Elektrofahrzeugen ist interessant für diejenigen, bei denen sich durch die Nutzung ein Mehrwert ergibt, deren Nutzungsgewohnheiten jedoch mit den technischen Möglichkeiten von Elektrofahrzeugen korrespondieren, d.h. bei denen die limitierte Reichweite keine Einschränkung bedeutet. Nutzer werden unter dem Aspekt der Reichweitesicherheit ein Fahrzeug wählen, das regelmäßig die erforderlichen Distanzen mit der Batteriekapazität bzw. der Tankfüllung erfüllen kann³. Ein Vorteil durch die Nutzung von Elektrofahrzeugen kann entstehen, da die hohen Anschaffungskosten durch geringe Betriebs- und Unterhaltungskosten kompensiert werden können. Ökonomisch rentiert sich die Anschaffung eines Elektrofahrzeuges bei hoher, aber gleichmäßig verteilter Jahresfahrleistung, bei geringer Jahresfahrleistung kann Elektromobilität derzeit und in absehbarer Zeit nur in Verbindung mit dem Mieten eines Elektrofahrzeuges ökonomisch sinnvoll sein. Emissionseinsparungen, Imagegewinn und Fahrspaß oder das Interesse an neuen Technologien können einen weiteren Mehrwert bringen. Generell gilt, dass der Einsatz eines Elektrofahrzeuges dann in Frage kommt, wenn die individuellen oder unter-

Extended Fahrzeuge (REEV) betrachtet. Es ist davon auszugehen, dass jedes BEV eine Mindestreichweite von 100⁰km pro Batterieladung hat. Der Bedarf, an öffentlich zugänglichen Ladepunkten zu laden, wird für alle drei Antriebssysteme als gleich angenommen (vgl. BDEW 2013: 22).

- ¹ Die Szenarien werden im Hinblick auf Rohöl-, Strom- und Batteriepreisentwicklung sowie das Angebot an Fahrzeugen und Ladetechnologien als konstant angenommen.
- ² Die im Verkehrsmodell verwendeten Raumstrukturdaten beziehen sich auf den Stand 2006. Die Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung haben sich mittlerweile jedoch zugunsten eines Zuwachses verändert. Dies konnte in den Berechnungen nicht berücksichtigt werden, da damit eine weitgehende Überarbeitung des Modells verbunden gewesen wäre.
- ³ Vgl. auch Peters, Dütschke (2010).

nehmenseigenen Einstellungen und Gewohnheiten dazu passen¹. Begünstigend auf die Nutzung von Elektrofahrzeugen wirkt sich die Verfügbarkeit eines eigenen Stellplatzes mit Stromanschluss aus, so dass ein privater Ladepunkt installiert und bei Bedarf jederzeit genutzt werden kann. Ein Kauf oder die Nutzung von Elektrofahrzeugen wird vorgenommen, wenn sich relativ hohe ökonomische, ökologische oder andere Vorteile im Vergleich zum Kauf oder der Nutzung anderer Antriebsarten ergeben.

Um die Elektrofahrzeugzahlen zu bestimmen, wurden vor dem Hintergrund passender Einstellungen und Fahrgewohnheiten (Kostenstrukturen, Fahrprofile) verschiedene Nutzergruppen identifiziert. Auf Basis wissenschaftlicher Studien und eigener Abwägungen wurden vor dem Hintergrund unterschiedlicher Nutzenmotive Annahmen über den künftigen Fahrzeugbestand (Technologie, Produktionsmenge, Nutzungsdauer je Fahrleistung) sowie das Verkehrsverhalten (Pkw-Verfügbarkeit, tägliche Fahrweiten, Anzahl der Wege je Tag, Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur) getroffen. Das Setzen der Annahmen erfolgte vor dem Hintergrund der heute bestehenden soziodemografischen, baulichen wie verkehrlichen Rahmenbedingungen. Vor dem Hintergrund der Eigentumsstruktur und der Nutzungsart privat oder gewerblich konnten elf Nutzergruppen identifiziert werden (Abbildung 33).



Abb. 33: Unterteilung der Nutzergruppen von Elektrofahrzeugen

In einem ersten Schritt wurden für die identifizierten Nutzergruppen die bundesweiten Nutzerpotenziale ermittelt. Ausnahmen bildeten die Gruppen Carsharing-Nutzer und Weitpendler, da diesbezüglich statistische Datengrundlagen zur Abschätzung der Potenziale auf Stadtebene Berlin vorlagen. Die bundesweiten Nutzerpotenziale wurden auf der Grundlage von Daten und Annahmen über die Anzahl der Fahrzeuge und deren Ausscheiden, d.h. die Nutzungsdauer in den einzelnen Nutzersegmenten, ermittelt. Die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen der einzelnen Nutzersegmente konnte dann auf Basis von Annahmen zum Verkehrsverhalten (Jahres-, Tagesfahrleistung, Wegezwecke) zu den Motiven der Elektrofahrzeugnutzung und der Zahlungsbereitschaft für elektrisches Fahren berechnet werden. Alle Nutzergruppen wurden nochmals in Untergruppen mit unterschiedlichen Jahresfahrleistungen zerlegt, somit liegen den Untergruppen unterschiedliche Betriebskosten und Erneuerungszyklen des Fahrzeugbestandes zugrunde. Daher zeigte sich auch innerhalb der elf Nutzergruppen ein unterschiedlich hohes Potenzial in Bezug auf die Nutzung von Elektrofahrzeugen.

¹ Vgl. Wietschel, Dütschke et al. (2012); ESMT (2011).

Das Nutzerpotenzial wurde für zwei Szenarien in einem weiteren Schritt auf der Grundlage von Daten und Annahmen für die Stadt Berlin berechnet. Komplexe Modellrechnungen dienten dazu, die verschiedenen Umfänge des Ladeinfrastrukturaufbaus abzuschätzen. Der als Maßnahmen-Szenario definierte Entwicklungspfad erreicht das bundespolitisch gesetzte Ziel von sechs Millionen Elektrofahrzeugen in Deutschland im Jahr 2030. Die Gesamthöhe des Nutzerpotenzials für das Jahr 2025 ergibt sich auf Basis einer S-förmigen Diffusionskurve, welche an dieser Zielmarke im Jahr 2030 und dem Fahrzeugbestand 2013 geicht wurde. Die Entwicklung der Marktanteile der Elektrofahrzeuge bei den Neuwagen wurde bis zum Jahr 2030 auf dieser Grundlage berechnet. Der Aufbau des Bestandes von Elektrofahrzeugen ergibt sich somit als Funktion der jährlichen Erneuerungsrate des Fahrzeugbestandes und des steigenden Marktanteils im Betrachtungszeitraum bei den Neufahrzeugen. Der Verlauf der Kurve entspricht der angesetzten Dauer und Intensität der oben beschriebenen Einflussfaktoren auf die Elektrofahrzeugnutzung. Diese beschreibt die Entwicklung des Anteils aller zum jeweiligen Zeitpunkt erreichten Käufer und Nutzer von Elektrofahrzeugen. Für jede Nutzergruppe sind anhand der Wachstumskurve die Fahrzeugzahlen für jedes Jahr im Zeitraum von 2013 bis 2030 ermittelt worden. Die Grundgesamtheit an Elektrofahrzeugen ergibt sich durch eine Überlagerung der verschiedenen Teilmärkte und dementsprechend der jeweiligen Wachstumskurven der einzelnen Nutzersegmente. Die folgende Prinzipiendarstellung (Abbildung 34) veranschaulicht den Wachstumsverlauf des Maßnahmen-Szenarios.

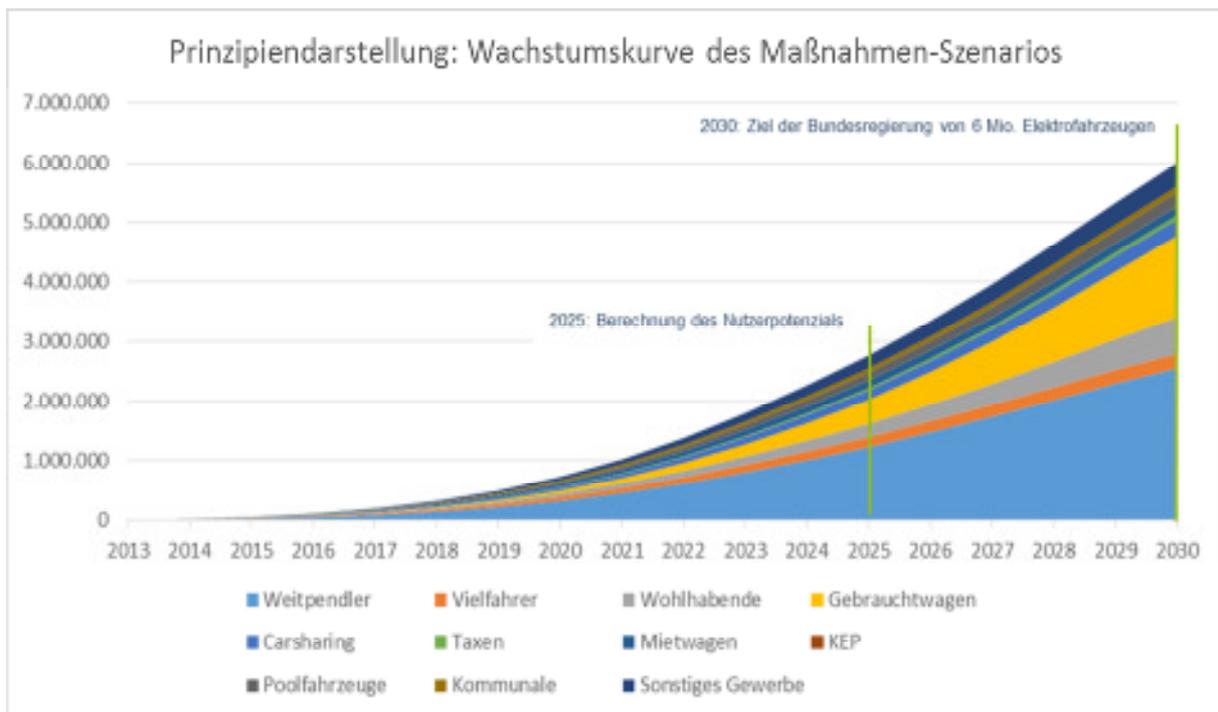


Abb. 34: Prinzipiendarstellung der Wachstumskurve im Maßnahmen-Szenario 2013 bis 2030

Ein zweites Szenario, welches keine zusätzlich zu den heute bestehenden Anreizen beinhaltet, erreicht das Elektrofahrzeugziel nicht. Hier wird die Anzahl der Elektrofahrzeuge um die erwartete Wirkung eines angesetzten Maßnahmenbündels für das Maßnahmen-Szenario reduziert. Dazu wurden Vorschläge für fiskalische Maßnahmen, die die Fahrzeuganschaffung bzw. -nutzung oder den Aufbau von Ladeinfrastruktur unterstützen, sowie ordnungsrechtliche Anreize erarbeitet und in ihrer Umsetzbarkeit beurteilt. Kriterien für die Bewertung waren die Förderwirkung, die Maßnahmenkosten sowie die erwartete Akzeptanz bei

Politik, Wirtschaft und Bevölkerung. Im Ergebnis wurden sechs Maßnahmen durch das Konsortium für eine mögliche Umsetzung im Zeitraum 2015 - 2025 in Berlin ausgewählt:

1. Kfz-Steuerbefreiung für alle elektrisch angetriebenen Fahrzeuge (2015 - 2020)
2. Verschärfung der Emissionsgrenzen im Rahmen der Umweltzone in Berlin (ab 2018)
3. Gebührenfreies Parken für EVs (2015 - 2018)
4. Einführung von Sonderstellflächen mit Ladeinfrastruktur für EVs (ab 2015)
5. Ausgestaltung eines öffentlichen Beschaffungsprogramms (ab 2015)
6. Sonderregelungen bei der Abschreibung von gewerblichen EVs (2015 - 2020).

Die Fahrzeugzahlen für dieses sogenannte Business-as-Usual-Szenario ergaben sich durch die abgeschätzte Wirkung des Maßnahmenbündels auf die jeweilige Nutzergruppe (Tabelle 8).

Private Nutzersegmente	Reduzierung des Nutzerpotenzials	Gewerbliche Nutzersegmente	Reduzierung des Nutzerpotenzials
Weitpendler	12 %	Carsharing	25 %
Berufl. Vielfahrer	12 %	Mietwagen	18 %
Sonstige private Nutzer	13 %	Taxen	15 %
Gebrauchtwagen	6 %	KEP-Dienste	12 %
		Poolfahrzeuge	15 %
		Kommunalfahrzeuge	19 %
		Sonst. gewerbl. Fahrzeuge	15 %

Tab. 8: Wirkung des Maßnahmenbündels auf die verschiedenen Nutzergruppen zur Entwicklung des Business-as-Usual-Szenarios

In der Summe ergaben sich in Berlin für das Jahr 2025 Nutzerzahlen beim Business-as-Usual-Szenario von über 108.000 Elektrofahrzeugen im Vergleich zum Maßnahmen-Szenario mit knapp 123.000 Elektrofahrzeugen. Die Maßnahmenwirkung führt somit zu einer Steigerung der Elektrifizierung der Berliner Fahrzeugflotte von durchschnittlich 12 %. Bei der Auswertung der Anzahl von elektrisch betriebenen Fahrzeugen zeigte sich, dass in den nächsten 15 Jahren maßgeblich die privaten Fahrzeuge mit 60 % den Elektrofahrzeugmarkt dominieren. In dieser Phase des Markthochlaufs machen Weitpendler mit 40 % den Löwenanteil an Nutzern von Elektrofahrzeugen in Berlin aus. Weitpendler sind eine der wenigen privaten Nutzergruppen, für die der Betrieb elektrischer Neufahrzeuge schon heute wirtschaftlich rentabel ist. Gewerbliche Elektrofahrzeuge machen 40 % des Marktes aus. Innerhalb dieser sind Carsharing-Fahrzeuge mit einem Marktanteil von 13 % eine große Gruppe. Kleinere Anteile von unter 10 % wurden für die weiteren Nutzersegmente prognostiziert, wobei insbesondere der Anteil der Gebrauchtwagenbesitzer mit 9 % bereits für das Jahr 2025 recht hoch ausfällt und in den darauffolgenden Jahren sicher deutlich steigen wird.

4.2.3 Standortplanung öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur für zwei Szenarien

Grundsätzlich kann erwartet werden, dass Nutzer ihr Fahrzeug vorrangig in der eigenen Garage, am Arbeitsplatz oder - im Fall von gewerblichen Nutzern - auf dem Betriebsgelände laden. Im öffentlich zugänglichen Raum wird dann geladen, wenn eine hinreichend lange Aufenthaltsdauer von mindestens 20 Minuten zu erwarten ist, der Ladevorgang kostenlos und einfach zu bewerkstelligen ist.¹ Im Rahmen des Fördervorhabens wird unterstellt, dass infolge derzeitiger Kostenstrukturen in naher Zukunft innerstädtisch überwiegend kabelgebundene Wechselstromverfahren mit 3,7 kW bis 22 kW² zum Einsatz kommen. Schnellladeverfahren ab 22 kW werden trotz ihrer stark reduzierten Ladezeiten aufgrund ihrer hohen Investitionskosten selten zur Anwendung kommen.

Für die Ermittlung des Ladeinfrastrukturbedarfs bildeten die Nutzerpotenziale die Berechnungsbasis. Nachdem die Ladewünsche der einzelnen Nutzergruppen abgeschätzt wurden, sind plausible Annahmen dazu getroffen worden, ob diese Wünsche in einen tatsächlichen Ladevorgang münden werden.³ Dies hängt vom Zielort der Fahrt (Aktivität, Verweildauer, infrastruktur- und fahrzeugseitiger Anschluss) ab. Es ist davon auszugehen, dass sich die Fahrtzwecke und -ziele der Fahrer von Elektrofahrzeugen nicht von denen konventionell motorisierter Fahrer unterscheiden.⁴ Maßgeblich sind jedoch das Vorhandensein und die Verfügbarkeit von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur. Der Bedarf wird über das Verhältnis aus Angebot und Nachfrage bestimmt. Das Bedürfnis nach öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur wird aus Kundensicht immer oberhalb der aus Betreibersicht ermittelten bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur liegen. Wissenschaftlich evidente Schlussfolgerungen im Hinblick auf eine optimale Auslastung können bislang nicht gezogen werden. Denn die derzeit bestehenden Ladepunkte sind nicht an der heutigen Anzahl an Elektrofahrzeugen ausgerichtet, sondern sollen eine Mobilitätsoption für ein künftiges Nutzerpotenzial bieten.⁵ Aus Betreibersicht ist eine Mehrfachnutzung vor dem Hintergrund der Investitions- und laufenden Kosten⁶ notwendig. Dies kann beispielsweise durch die Abdeckung verschiedener Ladeformen und Nutzer erfolgen.

Im Rahmen des Projektes wurde eine Berechnungsformel zur optimalen Auslastung der Ladeinfrastruktur generiert. Dazu wurde zunächst der Ladeinfrastrukturbedarf für die unterschiedlichen Ladeformen (Nächtliches Vollladen, Laden am Tag, Kurzzeitladen) ermittelt. Denn die Nutzergruppen unterscheiden sich in

¹ Sind Pkw und Ladepunkt für eine Ladeleistung von 22 kW ausgestattet, so kann in einem Zeitraum von 20 Minuten bereits eine zusätzliche Reichweite von 50 Kilometern erreicht werden. Liegt die Ladeleistung bei 3,7 kW, so ist für eine zusätzliche Reichweite von 50 Kilometern eine Ladedauer von etwa 120 Minuten zu veranschlagen.

² Im Entwurf der Ladesäulenverordnung als Normalladen bezeichnet.

³ Der Ladewunsch steht in Abhängigkeit zu der Restbatteriekapazität und der geplanten Strecke. Der Batteriestand resultiert aus der Größe der Batterie, der zurückgelegten Strecke, dem Fahrzeuggewicht und den topographischen wie klimatischen Gegebenheiten. Sinkt die Batteriekapazität unter ein individuelles Mindestmaß, steigt das Ladebedürfnis des Fahrzeugnutzers, denn die geplante Strecke kann möglicherweise nicht mit der Restbatterieladung sicher zurückgelegt werden.

⁴ Insbesondere der gewerbliche Verkehr wird seine Fahrtziele und die Aufenthaltszeit nicht an Ladevorgängen orientieren. Die bisherige Tourenplanung bleibt unverändert. Es wird davon ausgegangen, dass derzeit nur die Wirtschaftsbereiche ihre Flotte umstellen, die innerhalb der Tagestour die Reichweite der Batterie nicht voll ausschöpfen (vgl. auch Schönewolf 2012).

⁵ Durch den Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) wird bedarfsgerecht definiert als „das Bedürfnis an Ladeinfrastruktur pro Elektrofahrzeug, welches eine hinreichende, sicher verfügbare und komfortable Ladung des Fahrzeugs für den definierten Alltagszweck ermöglicht. Es wird dem Kunden/Fahrzeug also genau die Anzahl und ggf. Verteilung von Ladepunkten zur Verfügung gestellt, mit der seine typische Fahrleistung gemäß der zugeordneten Kategorie [...] gesichert ist.“ Sonderereignisse wie Urlaubsreisen oder das Laden, weil es sich gerade anbietet, werden nicht unter dem Begriff bedarfsgerecht gefasst (BDEW 2013: 22).

⁶ Die Investitionskosten einer Ladesäule belaufen sich auf etwa 10.500 EUR, die laufenden Kosten liegen bei knapp 1.800 EUR jährlich (vgl. NPE 2014: 51).

Bezug auf die Standortansprüche für Ladepunkte und auf die Ladezeiten. Die folgende Dreiteilung wurde für die Beurteilung der Bedarfsgerechtigkeit nach Ladeformen gewählt (Tabelle 9).

	Nächtliches Vollladen	Laden am Tag	Kurzzeitladen Tag/Nacht
Ladestandort	Wohn-/Unterkunftsort	Arbeits-, Wohnort, Park+Ride-Stellflächen	Freizeit-, Dienstleistungs-, Versorgungsstandorte, Verkehrsknotenpunkte
Nutzer	Bewohner, Gäste	Beschäftigte, Bewohner	Besucher, Touristen, ortsansässige private wie gewerbliche Kunden
Ladezeitpunkte	von 22 bis 6 h	von 6 bis 22 h	von 6 bis 22 h
Notwendige Ladetechnologie	3,7 kW ausreichend	3,7 kW ausreichend	22-44 kW
Mindestverweildauer	2 Stunden	2 Stunden	20 Minuten bis 2 Stunden

Tab. 9: Zeitlich-funktionale Aufteilung der Ladeformen

Hierbei wird angenommen, dass nachts nur ein Ladevorgang erfolgt, während tagsüber mehrere Ladevorgänge erfolgen können. Diese unterschiedlichen Annahmen zur Anzahl möglicher Ladevorgänge gehen über Faktoren in eine entsprechende Berechnungsformel ein.

Zur räumlichen Verteilung der Ladeinfrastruktur sind für jede Verkehrszelle anhand von verschiedenen Messkriterien Berechnungen durchgeführt worden, um die Anzahl an Ladesäulen mit je zwei Ladeanschlusspunkten zum Vollladen nachts bzw. tagsüber, zum Kurzzeitladen und zur Kombination aus Kurzzeitladen und tagsüber Vollladen zu berechnen. Zur Lokalisierung wurde zunächst die Zahl der Verkehrsbezirke gegenüber dem ursprünglichen Verkehrsmodell erheblich ausgeweitet.¹ Für die konkrete Verortung des Nachtladebedarfs wurden als ein erster Schritt die Nachtstandorte der unterschiedlichen Nutzergruppen in den einzelnen Verkehrszellen lokalisiert. Die Bedarfsberechnung orientiert sich an den Einwohnerdaten, der Wohnqualität (in Form des Berliner Mietspiegels), Dichtewerten und dem Motorisierungsgrad in Abhängigkeit von der Qualität der ÖPNV-Erschließung. Insbesondere bei der Betrachtung der Nachtstandorte wurde die Bedeutung des öffentlichen Parkens berücksichtigt, da diese Kenngröße gleichzeitig entscheidenden Einfluss auf die Bedeutung und den Bedarf öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur hat. In Einfamilienhausgebieten sind Bedeutung und Bedarf nach Ladeinfrastruktur beispielsweise geringer als in hochverdichteten Gebieten mit geringer Anzahl privater Stellplätze.

Ein weiterer Arbeitsschritt war die Berechnung von Zielpotenzialen zur Standortbestimmung des Ladeinfrastrukturbedarfs tagsüber durch Beschäftigte, Studenten und Auszubildende, Kunden und Besucher. Dazu wurden vorhandene Strukturdaten in Form von Anzahl möglicher Ziele pro Verkehrszelle (z. B. Anzahl der Museen, Bäcker, Kinos, ...) und deren Fläche in Quadratmeter pro Verkehrszelle berücksichtigt.

Die Funktionen zur räumlichen Verteilung des Gesamtladeinfrastrukturbedarfs der einzelnen Nutzergruppen setzen bei der Aufteilungsberechnung auf den ermittelten Daten zu den Nachtstandorten und Zielpotenzialen auf. Die räumliche Verteilung des Tag-, Kurzzeit- und Kombinationsladebedarfs wurde in Abhän-

¹ In besiedelten Gebieten innerhalb von Berlin wurden quadratische Verkehrsbezirke mit einer Kantenlänge von 250 m definiert. Vorhandene Strukturdaten, die als Messkriterien dienten (wie Einwohner, Beschäftigte, Quell- und Zielverkehr, Zielgelegenheiten in Form von Museen, Friedhöfen, Kinos, Supermärkten, Hotels, Apotheken, ...) wurden für größere Einheiten (ursprüngliche Verkehrsbezirke, Stadtbezirke) proportional auf die verfeinerte Struktur heruntergebrochen.

gigkeit der Attraktivität der einzelnen Zielgelegenheiten für die jeweilige Nutzergruppe und ihrer Verteilung auf die Verkehrszellen vorgenommen. Die Attraktivität der einzelnen Zielgelegenheiten wurde dabei für jede Nutzergruppe als Mittelwert abgeschätzt. Der Nachtladeinfrastrukturbedarf wurde hingegen entsprechend der räumlichen Verteilung der Nachtstandorte der Nutzergruppen auf die Verkehrszellen aufgeteilt.

Szenarien	Ladeinfrastrukturbedarf in Berlin (Anzahl an Ladesäulen)	Zeitlich-funktionale Ladeform
BAU-Szenario	5.870	Nachtladen
	1.760	Tagladen
	1.770	Kurzzeitladen
	2.440	Tag-+Kurzzeitladen
	6.964	Summe (nach räumlicher Verteilung)
Maßnahmen-Szenario	6.670	Nachtladen
	2.000	Tagladen
	2.010	Kurzzeitladen
	2.770	Tag-+Kurzzeitladen
	7.888	Summe (nach räumlicher Verteilung)

Tab. 10: Anzahl des Ladeinfrastrukturbedarfs für Berlin 2025

Entsprechend der aufgestellten Funktion zur Ermittlung des Ladeinfrastrukturbedarfs war für jede Verkehrszelle jeweils der maximale Ladeinfrastrukturbedarf maßgebend. Das bedeutet, dass jeweils der höchste Ladeinfrastrukturbedarf der vier Ladeformen (Nacht-, Tag-, Kurzzeitladen, Kombination aus Tag- und Kurzzeitladen) ausschlaggebend war. In vielen Verkehrszellen wird der maßgebende Ladeinfrastrukturbedarf durch den Nachtladebedarf bestimmt. Insbesondere in Verkehrszellen mit großen Zielpotenzialen kann aber auch eine der drei anderen Ladeformen den höchsten Ladebedarf definieren. Entsprechend liegt der über die Verkehrszellen summierte Ladebedarf oberhalb der Werte, die sich bei der Berechnung des Gesamtladebedarfs bei separater Betrachtung der vier Ladeformen ergaben (Tabelle 10).

Beispielhaft sei hier der Ladeinfrastrukturbedarf für das Maßnahmen-Szenario (Abbildung 35) dargestellt. Es zeigen sich deutliche Schwerpunkte im Zentrum Berlins, aber auch im Südwesten der Stadt. Innerhalb des Stadtzentrums zeigten sich höchste Bedarfe am Potsdamer Platz, dem Hauptbahnhof oder dem Bahnhof Gesundbrunnen sowie dem ICC/Messe Berlin. Reine Wohngebiete, insbesondere in weniger dicht besiedelten Außenbezirken weisen einen deutlich geringeren Ladeinfrastrukturbedarf auf. Ein Ladeinfrastrukturbedarf entfällt in Gebieten, die nur geringen Zielverkehr aufweisen (z. B. Grunewald, Müggelsee).

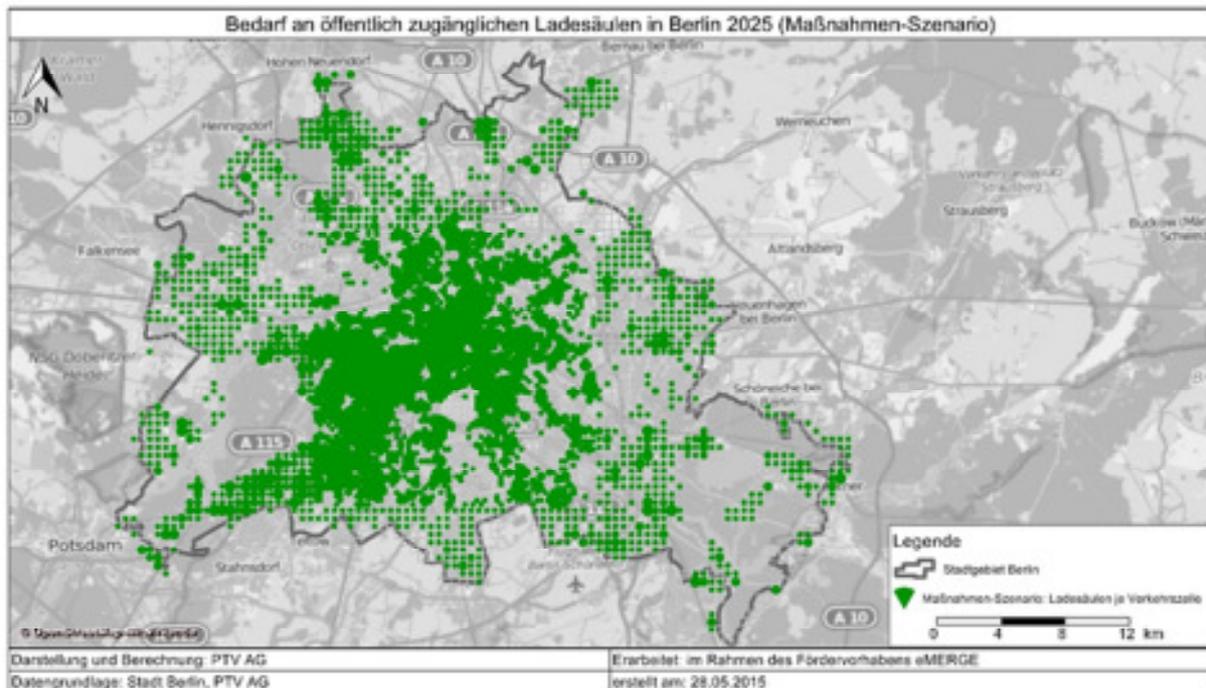


Abb. 35: Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur für Berlin 2025 (Maßnahmen-Szenario)

Eine direkte Differenzierung in einen öffentlichen bzw. halböffentlichen Ladeinfrastrukturbedarf ist derzeit nicht möglich. Dazu müsste neben der hier erfolgten Abschätzung der Attraktivität bestimmter Ziele und der daraus resultierenden Zielwahl auch bekannt sein, ob die Nutzer von Elektrofahrzeugen das ggf. vorhandene Stellplatzangebot des angesteuerten Ziels nutzen. Derartige Aussagen sind nicht gesichert möglich, da Situationen denkbar sind, in denen der Verkehrsteilnehmer beispielsweise trotz vorhandener Stellplätze und Ladeinfrastrukturen eines halböffentlichen Ziels einen öffentlichen Stellplatz und damit eine öffentliche Ladeinfrastruktur in direkter Umgebung wählt. Vor diesem Hintergrund erschien es lediglich sinnvoll, eine Auswertung der prozentualen Aufteilung der Nutzergruppen auf sogenannte öffentliche und halböffentliche Zielgelegenheiten abzuschätzen. Einer entsprechenden Auswertung zufolge sind knapp 23 % des Ladeinfrastrukturbedarfs auf die Auswahl öffentlicher Ziele zurückzuführen. Für den halböffentlichen Bereich ergeben sich knapp 58 %, indifferent sind knapp 20 %. Indifferent sind solche Ziele, die sowohl von öffentlichen Stellen als auch der Privatwirtschaft betrieben werden (z. B. Freizeitbäder). Die Zielgelegenheiten sind nur für die räumliche Aufteilung der Ladeformen von Relevanz, die tagsüber auftreten (Tagladen, Kurzzeitladen und Kombination aus Tag- und Kurzzeitladen).¹

4.2.4 Plausibilisierung der Ladeinfrastrukturbedarfe durch agentenbasierte Tourendarstellung

Auf der Basis der oben genannten inhaltlichen Ergebnisse wurden innerhalb des Fördervorhabens eMERGE die Möglichkeiten eines innovativen, methodischen Einsatzes von Verkehrsmodellen zur Bedarfssüberprüfung und Auslastung öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur geprüft. Es galt zu testen, ob die Simulation von einzelnen Fahrten bestimmter Fahrzeuge innerhalb der Stadt Berlin verknüpft mit Angaben zur zeitlichen Durchführung der Fahrten und Standzeiten sowie der Darstellung der verorteten Lad-

¹ Hinsichtlich des Nachtladebedarfs und dessen Bedienung durch öffentliche bzw. halböffentliche Ladeinfrastrukturen sind derartige Aussagen nicht möglich.

infrastruktur neue Analyse- und Darstellungsmöglichkeiten innerhalb des bestehenden makroskopischen Planungsinstruments liefern können. Die grundlegende Idee einer agentenbasierten Datenstruktur der Verkehrsnachfrage ist es, virtuelle Personen (Agenten) zu erzeugen und diese mit den Lebensumständen und Motiven abzubilden, die das Verkehrsverhalten beeinflussen. Im Gegensatz zu klassischen Nachfragemodellen, bei denen die Bevölkerung in verhaltensähnliche Gruppen aggregiert und dann je Gruppe Aktivitäten und Wegeketten modelliert werden, steht bei agentenbasierten Modellen die Mobilität der Agenten im Vordergrund. Den einzelnen Personen können Merkmale (Geschlecht, Alter, Qualifikation, Beruf, Hobbies, Familienstruktur, Wohnungssituation usw.) zugeordnet werden, aus denen die Aktivitäten in einer wesentlich größeren Detaillierung und Varianz bestimmt werden können. In der Praxis der Verkehrsnachfragemodellierung wird die disaggregiert berechnete Nachfrage in der Regel auf der Ebene der Verkehrszellen aggregiert, um sie dann mit klassischen Verfahren auf das Verkehrsnetz umzulegen. Dabei geht jedoch der Bezug zu Einzelpersonen und Fahrzeugen verloren. Im Rahmen des Fördervorhabens sollte die Möglichkeit und die Vorteile des Einsatzes einer zusätzlich disaggregierten, sogenannten agentenbasierten Nachfrage eruiert werden. Das Datenmodell dient zwei wesentlichen Zwecken, einerseits sollen die Eingangsdaten der agentenbasierten Nachfrageberechnung im Verkehrsmodell vorliegen und für einen Austausch mit externen Berechnungsmodulen zur Verfügung stehen, andererseits sind die Ergebnisse der Berechnung für weiterführende Analysen und Darstellungen in das Netzmodell zu übernehmen.

Das Datenmodell agentenbasierter Nachfragemodelle unterscheidet sich hinsichtlich der Eingangsdaten als auch bezüglich der Ergebnisse deutlich von den Strukturen, die klassischen makroskopischen Verkehrsmodellen wie z. B. in VISUM zugrunde liegen. Der wesentliche Unterschied liegt im räumlichen und zeitlichen Detaillierungsgrad, was sich auf die Größe des Modells und den Umfang der Datenmenge auswirkt. Aus den Erfahrungen dieser demonstratorhaften Betrachtung mit agentenbasierten Modellen im Projekt eMERGE können die grundlegenden Strukturen für das Datenmodell abgeleitet werden. In dem Zuge sollten Erfahrungen zur Formulierung von Anforderungen an ein Datenmodell für die Abbildung der dabei verwendeten Daten gesammelt werden. Zur Ableitung zukünftiger Anforderungen und Erweiterungen für die Darstellung wurden skriptbasierte Prototypen genutzt.

Zur Prüfung des Einsatzes agentenbasierter Nachfragemodellierung im Rahmen von der Überprüfung des Ladeinfrastrukturbedarfs war ein erster Schritt das Erzeugen einer sogenannten synthetischen Population, d.h. der Agenten und ihrer Eigenschaften nach zufälligen Zuordnungen auf der Basis bekannter Verteilungen. Eine Voraussetzung für die Untersuchung war die Verfügbarkeit von für die Einzelpersonen ermittelten Abläufen von Aktivitäten und Ortsveränderungen im Verkehrsmodell. Einzeltouren von potenziellen Nutzern der Gruppen Weitpendler und Carsharer wurden dann im makroskopischen Berlin-Brandenburger Verkehrsmodell umgelegt. Listen von Touren und Fahrten mit ihren jeweiligen Verknüpfungen, den Start- und Zielbezirken sowie Aktivitätenzeiten am Zielort für die Nutzergruppen Carsharer und Weitpendler wurde dazu erstellt.¹

Mit vorhandenen, flexibel erweiterbaren Datenobjekten wurden die Beziehungsstrukturen zwischen Personen, Aktivitäten, Orten und Fahrzeugen abgebildet. Die Eingangsdaten des agentenbasierten Nachfragemodells, d.h. Angaben zu Personen, Aktivitäten und ihren Orten, Verkehrsmittelwahl sowie Fahrten und die daraus ermittelten Touren wurden in freien Datenobjekten, sog. POIs abgelegt. Zur Darstellung der Modellergebnisse, insbes. der Touren wurden die in VISUM bestehenden Datenstrukturen für den Öffentlichen Verkehr genutzt, um die für agentenbasierte Modelle notwendigen Erweiterungen abzuleiten und

¹ Für das agentenbasierte Nachfragemodell sind Angaben zu Personen, Aktivitäten und ihren Orten, Verkehrsmittelwahl, Fahrten sowie daraus ermittelten Touren notwendige POI-Kategorien. Dazu flossen die Parameter Personentyp (Weitpendler, Carsharer), Tourtyp (Alltagstour, Erledigungstour, ...), Wegezweck (Einkaufen, Arbeiten, Wohnen...) sowie Aktivitätenort (Museum, Kaufhaus, Cafe, Sportplatz...) und Fahrzeit, Fahrtkosten, Streckenlänge sowie Aufenthaltsdauer (in Minuten) in die sogenannten Tourengeneratoren ein.

zu testen. Die ermittelten Einzeltouren von potenziellen Nutzern von Elektrofahrzeugen wurden im makroskopischen Modell des Öffentlichen Verkehrs (ÖV-Modell) und damit als Linienfahrten umgelegt. Die Ladepunkte wurden durch Haltepunkte im ÖV-Modell abgebildet, die das Einpflegen von Informationen zulassen. Somit konnten den Ladepunkten entsprechende Attribute wie Dauer der Vollauffüllung bei angenommener Anschlussleistung etc. hinterlegt werden. Aus Touren und Fahrten wurden Linien und Fahrplanfahrten generiert. Diese Nutzung der bestehenden Datenobjekte des öffentlichen Verkehrs ermöglichte die Verwendung der dafür bereits verfügbaren Visualisierungs- und Analysefunktionen für die Auswertung und Darstellung der Modellergebnisse. Für Touren bzw. Fahrten können auf diese Weise leicht aggregierte Kennzahlen wie Fahrzeugkilometer, Fahrzeugstunden, Anzahl der Fahrten (je Tour), maximale Dauer, durchschnittliche Geschwindigkeit usw. ausgewiesen werden. Für ausgewählte Netzobjekte wie z. B. Strecken können Tagesganglinien dargestellt werden, die sich auf Fahrten aus der agentenbasierten Nachfragemodellierung beziehen.

Die Umwandlung der POI-Strukturen in ÖV-Angebotsdaten erfolgte durch ein Python-Skript, in dem alle notwendigen Netzobjekte wie Haltestellen, Linienrouten, Fahrzeitprofile und Fahrplanfahrten entsprechend den Daten zu Personen, Touren und Fahrten generiert wurden. Voraussetzung für die Konvertierung ist die Verknüpfung der Kategorien untereinander auf definierte Weise (z. B. Personen mit Aktivitäten, Aktivitäten mit Fahrten, Fahrten mit Touren) – diese Verknüpfungen wurden in den erforderlichen Datenstrukturen hinterlegt. Die Tour beginnt am nächstgelegenen Knoten des Haushaltes, von dort wurde für die erste Fahrt eine Kurzwegsuche im IV-Netz durchgeführt, um den Routenverlauf zu bestimmen. Die Fahrzeit wurde direkt aus den Abfahrts- bzw. Ankunftszeiten übernommen. Die erzeugte Fahrt endete am nächstgelegenen Knoten des Aktivitätenortes. Folgefahrten der Tour wurden auf dieselbe Weise generiert und wurden der Linie, die alle Fahrten einer Person repräsentieren, zugeordnet.¹ Es konnten 13.446 Fahrten von Weitpendlern erstellt werden. Darüber hinaus wurden analog dazu 7.600 Fahrten/2.300 Touren von Carsharing-Fahrzeugen generiert. Hierbei waren andere Aspekte zu berücksichtigen, denn es wurden vier Nutzerprofile zugrunde gelegt (Touristentyp mit Zielorten wie Hotel, Museum, Einkaufstyp mit Zielort Einzelhandel, Alltagstyp mit Zielen wie Arbeitsplatz, Freizeiteinrichtung und der Typ für seltene Kfz-Nutzung mit den Zielen Krankenhaus, Werkstatt, etc..

Um zu testen, ob die Ergebnisse der agentenbasierten Simulation einer Bedarfsabschätzung und Überprüfung des möglichen künftigen Ladeinfrastrukturaufbaus dienen können, wurden beispielhaft einige Fahrten analysiert. Die Modellierung der Einzelfahrten unter Annahme von Wohn-, Arbeits- und Freizeit- bzw. Kulturstandorten ermöglichte die Lokalisierung der Fahrzeuge. Maßgebend für die Bewertung war die Frequentierung von Orten mit Ladeinfrastruktur, die unter Berücksichtigung zeitlicher Aspekte Aussagen über die Auslastung und den Bedarf erlauben. Weitere Kriterien für die Bewertung sind die Aufenthaltsdauer der Elektrofahrzeuge, die Aufschluss über die Möglichkeit des Wiederaufladens der Fahrzeugbatterie gibt, sowie die bis zum Erreichen des Ortes gefahrenen bzw. noch zu fahrenden Fahrzeugkilometer, aus denen sich die Notwendigkeit der Nutzung der Ladeinfrastruktur ergibt.

Neben tabellarischen Auswertungen in Listen sind grafische Darstellungen im Netzmodell hilfreich, um beispielsweise die räumliche Verteilung abzubilden. Grundsätzlich kann den Tabellen wie Abbildungen entnommen werden, wenn im Laufe eines Tages mehrere Fahrzeuge an der gleichen Ladesäule laden möchten. Bei Ankunft von mehr als zwei Fahrzeugen mit Ladebedarf muss für die Realisierung eines Ladevorgangs die Bedingung erfüllt sein, dass die Fahrzeuge zeitlich ausreichend versetzt ankommen.

¹ Bei der Anwendung des Datenmodells wurden zur Vereinfachung die Annahmen getroffen, dass Touren nach 00:00 Uhr beginnen und vor 24:00 Uhr enden, dass jede Tour genau von einem Elektrofahrzeug gefahren wird und der Startpunkt der ersten Fahrt einer Tour dem Endpunkt der letzten Fahrt derselben Tour entspricht.

Betrachtet man die untenstehenden Abbildungen 36 und 37, so kann davon ausgegangen werden, dass die meisten der Pendler privat laden werden, andernfalls wäre die Nachfrage nach Ladeinfrastruktur größer als das Angebot, die Ladeinfrastruktur also zu knapp dimensioniert.

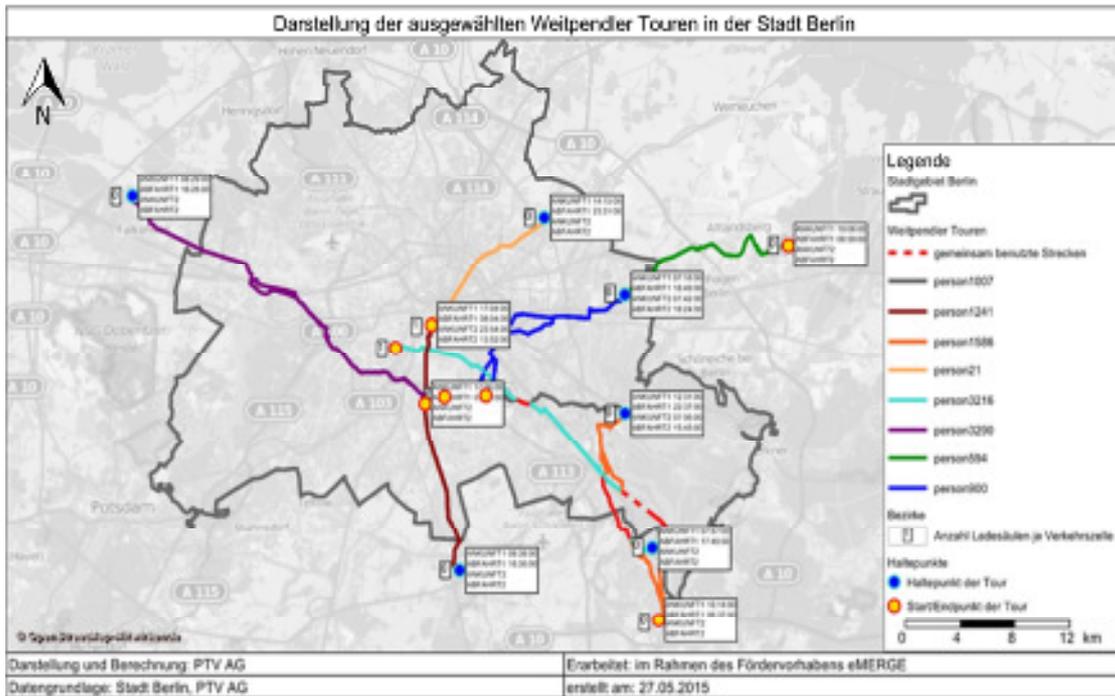


Abb. 36: Ausgewählte Touren der Weitpendler in Berlin

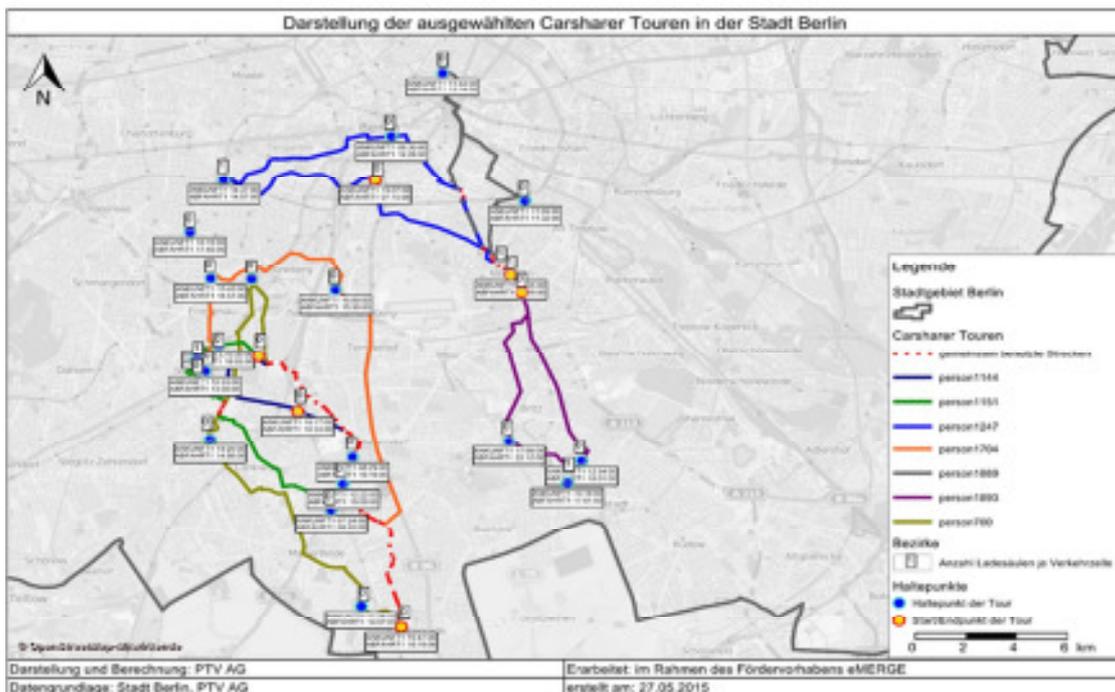


Abb. 37: Ausgewählte Touren der Carsharer in Berlin

4.2.5 Zusammenfassung und Empfehlungen

Im Projekt eMERGE konnten für das Stadtgebiet Berlin im Jahr 2025 die Bedarfe an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur abgeschätzt werden. Der Infrastrukturbedarf zum Laden der Fahrzeuge konnte durch Überlagerung der Nacht-, Tages- und Kurzzeitladewünsche potenzieller Nutzergruppen berechnet werden. Im Jahr 2025 wurde eine Anzahl von knapp 7.000 Ladesäulen bei mehr als 108.000 Elektrofahrzeugen für das Business-as-Usual- bzw. knapp 7.900 Ladesäulen bei knapp 123.000 Elektrofahrzeugen für das Maßnahmen-Szenario im Stadtgebiet Berlin ermittelt und verortet. Höchste Ladeinfrastrukturbedarfe konnten in dicht bebauten, insbesondere wohlhabenden Gegenden, an Standorten mit Einzelhandel, Freizeit- und Dienstleistungseinrichtungen sowie an intermodalen Verknüpfungspunkten verzeichnet werden.

Zur Prüfung des Einsatzes von agentenbasierter Verkehrsmodellierung wurden demonstratorhaft Touren einzelner Fahrzeuge erzeugt und in Tabellen und Karten abgebildet. Es konnte darüber hinaus gezeigt werden, dass die verkehrlichen Wirkungen alternativer Ansätze des Aufbaus von Ladeinfrastruktur prinzipiell mit Hilfe von Verkehrssimulationen analysiert werden können. Entsprechende Wirkungsmodelle sind jedoch bislang nicht expliziter Bestandteil vorliegender Verkehrsmodelle und sollten in diese integriert werden. Durch die Erzeugung und Darstellung von Einzeltouren ausgewählter Nutzer konnten Anforderungen an das Datenmodell in einem makroskopischen Planungsinstrument abgeleitet werden. Insbesondere lässt sich das auf das in VISUM existierende Datenmodell für den ÖV auf die Darstellung individueller Daten mit konkretem räumlichem und zeitlichem Bezug anpassen. Die Strukturen des erforderlichen Datenmodells wurden so definiert, dass Eingabedaten als Basis für die agentenbasierte Berechnung in erforderlichem Detaillierungsgrad eingespeist werden können und die Ergebnisdaten ohne Informationsverlust wieder in das Verkehrsmodell übernommen werden. Eine Vielzahl von Analysen und Darstellungen lässt sich bereits heute mit vorhandenen Verfahren und Analysewerkzeugen umsetzen. Dort, wo Standardfunktionalität für die Verarbeitung der Ergebnisdaten nicht ausreichte, wurden durch Skripte individuelle Lösungen geschaffen, die die Basis für potenzielle Erweiterungen aufzeigen. Durch Nutzung neuer und vorhandener Datenstrukturen lässt sich die erforderliche Aggregationsebene für Analysen flexibel definieren und die agentenbasierte Nachfragemodellierung optimal unterstützen.

Durch die Integration der agentenbezogenen Datenstrukturen in das makroskopische Verkehrsmodell konnten verschiedene zusätzliche Nutzen generiert werden. Die Analysen und Auswertungen können in ihrem zeitlichen und räumlichen Bezug im Netz dargestellt und direkt mit VISUM-Standardwerkzeugen zur Analyse von ÖV-Daten durchgeführt werden.¹

1. Die detaillierte Berücksichtigung der Sequenzen von Aktivitäten und Fahrten und ihre Zuordnung zu Einzelpersonen können bei vielen Auswertungen zusätzliche Informationen liefern, die bei ausschließlich makroskopischen Untersuchungen nicht möglich sind.
2. Durch die Übernahme von zusätzlichen Attributen aus den POI-Strukturen für die generierten Objekte können weiterführende Auswertungen z. B. durch den Einsatz von Filtern flexibler gestaltet werden.
3. Das integrierte Datenmodell in VISUM ermöglicht die Verknüpfung von individueller und aggregierter Betrachtung der Daten, so dass je nach Fragestellung die jeweils passende Perspektive gewählt werden kann.

¹ Dazu zählen aggregierte Auswertungen, ggf. in Kombination mit Filtereinstellungen in Listen, aber auch tageszeitliche Ganglinien, durch einfache Berechnung von ÖV-Kenngrößen mit Analysezeitintervallen sowie räumliche und zeitliche Auswertungen über Gebietskennzahlen ggf. weiter differenziert nach Eigenschaften der Netzobjekte.

4.3 Konzepte und Regelsetzung / Regulierung für halböffentliche Ladeinfrastruktur – AP 430 (TUB-WIP)

Ziel des Arbeitspakets 430 ist die ökonomische Analyse der Bereitstellung von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im halböffentlichen Bereich, die insbesondere auf Parkflächen vom Einzelhandel (beispielsweise Supermärkte oder Möbelhäuser) und von Freizeit Anbietern verortet ist. In die dargestellten Ergebnisse sind die Erkenntnisse zur Bedarfsermittlung der PTV und die Expertise des juristischen Unterauftrags – Prof. Dr. Rodi, geschäftsführender Direktor des Instituts für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM) – eingeflossen.¹

Die Analyse geht von privaten Endnutzern von rein batterieelektrischen Fahrzeugen aus, die aufgrund des Einstiegs in das Elektromobilitätssystem ihr Mobilitätsverhalten nicht grundlegend ändern. Betrachtet werden ausschließlich konduktive Ladeverfahren, bei denen das Fahrzeug und die Ladeinfrastruktur mit einem Kabel verbunden werden. Zunächst werden konzeptionelle Überlegungen zum Ladeinfrastrukturbedarf mit Fokus auf den halböffentlichen Bereich vorgestellt. Darauf folgt die Darstellung grundlegender Erkenntnisse zur Bereitstellung und der damit einhergehenden Ableitung von Anforderungen an das Angebot von halböffentlicher Ladeinfrastruktur. Diese bilden die Grundlage für die Diskussion der Rolle der öffentlichen Hand bei der Bereitstellung halböffentlicher Ladeinfrastruktur. Mögliche Instrumente der öffentlichen Hand zur Unterstützung des Aufbaus können dabei Wissensmanagement, Vorgaben und eine Kofinanzierung sein. Zur Einordnung werden auch mögliche Interdependenzen zur Bereitstellung in anderen Bereichen (öffentlich und privat) dargestellt. Abschließend erfolgt die Darstellung rechtlicher Aspekte und Hindernisse bei der Bereitstellung von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich.

4.3.1 Konzeptionelle Überlegungen zum Ladeinfrastrukturbedarf im halböffentlichen Bereich

Der halböffentliche Bereich (beispielsweise bei Supermärkten, Möbelhäusern oder Freizeit Anbietern) wird unregelmäßig beim Durchlaufen von Wegeketten aufgesucht. Die Park- und somit potenzielle Ladedauer hängt von der Aktivität, die während des Ladens durchgeführt wird, ab. Die Parkdauer unterscheidet sich gegebenenfalls deutlich je nach durchgeführter Aktivität (Einkauf, Freizeit, etc.) und ist darüber hinaus noch von weiteren standortspezifischen Faktoren abhängig. Die eigentliche Nutzung der Ladeinfrastruktur erfolgt nebenbei. Das bedeutet, dass für den Endnutzer abgesehen vom Anschließen des Fahrzeugs und der gegebenenfalls erforderlichen Authentifizierung keine weiteren Zeitkosten entstehen. Dem gegenüber steht ein Zugewinn an Reichweite durch das Laden. Das Laden an einem Zwischenziel kann je nach Ladezustand der Batterie und der Länge der noch abzufahrenden Strecke optional oder notwendig sein. Notwendig wird das Laden, wenn die Reichweite des Fahrzeugs nicht mehr ausreicht, um die restliche Strecke bis zum Zielort zurückzulegen. Das kann beispielsweise bei Freizeit Anbietern der Fall sein, deren Endkunden überwiegend in einer Entfernung größer der heute üblichen Reichweite von rein batterieelektrischen Fahrzeugen (Hin- und Rückweg beispielsweise insgesamt größer 200 km) verortet sind. Die grundlegenden konzeptionellen Eigenschaften des Ladens im halböffentlichen Bereich, die auch Basis für die Ableitung der Erkenntnisse der Bereitstellung sind, werden in der folgenden Tabelle 11 zusammengefasst.

¹ Die ökonomischen Analysen zu grundlegenden Fragestellungen im Forschungsprojekt eMERGE sind gemeinsam von Prof. Dr. Thorsten Beckers, Jonas Hildebrandt, Till Kreft und Florian Gizzi durchgeführt worden. Die Erstellung des vorliegenden Abschnitts ist in erster Linie durch Till Kreft und Jonas Hildebrandt erfolgt, wobei auch Textteile aus dem von Jonas Hildebrandt erstellten Manuskript / Entwurf (Titel: Bereitstellung von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge unter Berücksichtigung idealtypischer Ladebedarfe) eingeflossen sind.

Laden im halböffentlichen Bereich (Einkauf, Freizeit, etc.)		
Nutzung Parkzeit	Ja (keine zusätzlichen Zeitkosten)	
Ladeort	Unregelmäßig	
Länge Strecke	> Reichweite	< Reichweite
Laden	Notwendig	Optional

Tab. 11: Strukturierung Laden im halböffentlichen Bereich

Der quantitative Bedarf ist durch die Untersuchungen der PTV in den vorangestellten Arbeitspaketen eingeordnet worden. So haben die Analysen der PTV für das Jahr 2025 ergeben, dass deutlich über die Hälfte der Zielorte potenzieller Endnutzer von batterieelektrischen Fahrzeugen tagsüber im halböffentlichen Bereich verortet sind.

Neben dem hier analysierten Bedarf des Ladens im halböffentlichen Bereich gibt es weiteren Bedarf nach Ladeinfrastruktur. Das regelmäßige Laden eines Fahrzeugs erfolgt beispielsweise über Nacht am regelmäßigen Parkort, der im Status quo in der Regel nicht im halböffentlichen Bereich verortet ist. Ein weiterer Bedarf entsteht im Kontext der Erreichung räumlich entfernter Ziele und lokaler Wege jenseits der heutigen Reichweite rein batterieelektrischer Fahrzeuge sowie in den Fällen, in denen das regelmäßige Laden an mehreren aufeinander folgenden Tagen nicht erfolgen konnte. Auch dieser flächendeckende Ladeinfrastrukturbedarf kann voraussichtlich nicht systematisch mit Ladeinfrastruktur in den hier betrachteten Bereichen (bei Supermärkten, Möbelhäusern oder Freizeitanbietern) gedeckt werden.

4.3.2 Grundlegende Erkenntnisse zur Bereitstellung von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich

Grundsätzlich spricht vieles dafür, dass im hier betrachteten halböffentlichen Bereich Unternehmen bei geeigneter Rahmensetzung Ladeinfrastruktur bereitstellen und finanzieren werden. Unternehmen, wie Supermärkte und Möbelhäuser bzw. Freizeitanbieter, stellen bereits derzeit ihren Endkunden im Kontext von Bündelangeboten Parkraum zur Verfügung. Anbieter des zum Laden komplementären Gutes Parken sowie von weiteren komplementären Gütern dürften einen Anreiz haben, Ladeinfrastruktur ebenso wie Parkplätze bereitzustellen, um die Attraktivität ihres Angebots für Endnutzer von batterieelektrischen Fahrzeugen zu steigern. Dies gilt in besonderer Weise für den oben eingeordneten Fall, in dem das Laden während des Parkvorgangs für einen Großteil der Endkunden als notwendig einzuschätzen ist. Im Folgenden werden die Anforderungen an ein Angebot von halböffentlicher Ladeinfrastruktur dargestellt. Diese bilden die Grundlage für die im anschließenden Abschnitt erfolgende Analyse, in wieweit Unternehmen – insbesondere wenn es sich um kleinere Unternehmen handelt, die vor der Entscheidung über einen einmaligen Aufbau einer möglicherweise geringen Kapazität stehen – über ausreichend dezentrales Wissen verfügen, um die Anforderungen an ein Angebot von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich zu erfüllen, oder ob gegebenenfalls zentrale Vorgaben und Wissensmanagement durch die öffentliche Hand positiv auf die Bereitstellung wirken können.

Die Optionen der **technischen Ausgestaltung** unterscheiden sich vor allen Dingen in der Auswahl der Ladeleistung bzw. -technologie (AC 1, AC 3 oder DC) und der installierten Stecker-Typen (gängig: Schuko und

Typ 2 für das AC-Laden; Combo 2 (CCS) und CHAdeMO für das DC-Laden¹). Die installierte Ladeleistung sollte sich der Parkdauer, die abhängig ist von der jeweiligen Aktivität (Einkauf, Freizeit, etc.) und Eigenschaften des spezifischen Standorts und der Endkunden, anpassen. Ziel sollte es zum einen sein, dass durch das Laden während einer durchschnittlichen Parkdauer ein spürbarer Gewinn an Reichweite erzielt werden kann. Zum anderen sollte die benötigte Zeit für das (Voll-)Laden die durchschnittliche Parkdauer nicht deutlich überschreiten, da ansonsten Opportunitätskosten auf Grund der Ladeplatzblockade bei anderen Endnutzern entstehen können. Dieser Anforderung kann entsprechend einer Parkdauer von einigen Stunden schon eine Ladeleistung von 3,7 kW (AC 1) genügen. Bei einer Aktivität, die beispielsweise etwa 30 Minuten in Anspruch nimmt, ist eine deutlich höhere Ladeleistung notwendig.² Diese kann über die AC 3 oder DC-Ladetechnologie umgesetzt werden. In Bezug auf den Stecker-Typ sollte der Ladepunkt im Interesse des Anbieters des Bündelangebots mit einer möglichst großen Anzahl von Fahrzeugen kompatibel sein, um so allen potenziellen Endkunden das Laden zu ermöglichen. Des Weiteren hat die Entscheidung über die Implementierung einer Authentifizierung und die Art und Weise einer Bepreisung Auswirkungen auf die nötige Bauform³ und den möglichen Anschluss an ein Back-End zur Abrechnung.

Die optimale **Kapazität**⁴ an einem Standort hängt ebenfalls von dem Angebot des Unternehmens (Einkauf, Freizeit, etc.) und der damit verbundenen Parkdauer sowie weiteren Eigenschaften der Endkunden ab. Grundsätzlich kann zu diesem Zeitpunkt im Kontext des Henne-Ei-Problems darauf hingewiesen werden, dass Unternehmen, die mit einer gewissen Überkapazität in Vorleistung gehen, damit den noch schleppenden Fahrzeughochlauf⁵ unterstützen würden.

Die Ausgestaltung der **Bepreisung** der Ladeinfrastruktur sollte nicht dem Ziel der Gewinnmaximierung dienen, sondern vielmehr im Kontext des Bündelangebots und der Kundenbindung betrachtet werden. In diesem Zusammenhang ist auch ein Preis von null für die Nutzung der Ladeinfrastruktur gegebenenfalls in Verbindung mit einem Mindestumsatz bei dem Bündelangebot – wie es auch bei Parkplätzen teilweise der Fall ist – denkbar. Erfolgt dennoch eine Bepreisung sollte im Sinne des Endkunden eine einfache und nachvollziehbare Tarifstruktur gewählt werden.⁶ Dies beinhaltet beispielsweise auch die einheitliche Festlegung, entweder auf Basis von Energiemenge oder Zeit abzurechnen.

Die **Schnittstelle zum Endkunden** wird hier zum einen in Form der möglichen Authentifizierung und zum anderen in Form der möglichen Abrechnung betrachtet. Im einfachsten Fall ist die Authentifizierung durch den Endkunden nicht vorgesehen. Die Bepreisung des Ladevorganges bleibt entweder aus oder erfolgt über Direktbezahlmöglichkeiten.⁷ Direktbezahlmöglichkeiten können beispielsweise über Debit-, Kreditkarte oder indirekt über die Mobilfunkrechnung durch Anruf oder Kurznachricht bereitgestellt werden. Es ist zudem denkbar, dass die Abrechnung zusammen mit der Bezahlung des Bündelangebots abgewickelt wird – solange die Nutzung der Ladeinfrastruktur an den tatsächlichen Einkauf oder an die Inanspruchnahme der Freizeitaktivität gekoppelt ist. Gründe für die Implementierung einer Authentifizierung kann zum einen die Beschränkung des Zugangs auf einen bestimmten Endkundenkreis sein. Zum anderen ist eine Authentifizierung gegebenenfalls nötig, wenn Voraussetzung für die Nutzung der Infrastruktur ein gültiger Vertrag mit einem Ladeinfrastrukturbetreiber ist. In beiden Fällen kann die Authentifizierung des

¹ Für einen technischen Überblick zu den Stecker-Typen und Ladesystemen vergleiche Schröter (2014, S. 189 ff.).

² Für eine Übersicht der Ladedauer in Abhängigkeit von der Ladeleistung vergleiche BMVI (2014c, S. 17).

³ Die unterschiedlichen Ausgestaltungsoptionen zur Authentifizierung und Kommunikation mit einem Back-End benötigen Raum und haben somit Einfluss auf die Bauform und Kosten des Ladepunktes.

⁴ Die Eingliederung der hier betrachteten Ladeinfrastruktur in ein übergeordnetes Netzwerk und damit einhergehenden Anforderungen an Kapazität und Verteilung wird hier nicht näher betrachtet.

⁵ Vgl. Nationale Plattform Elektromobilität (2014), S. 48.

⁶ Eine einfache und transparente Bepreisung wird auch in Artikel 4 Nr. 10 Richtlinie 2014/94/EU gefordert.

⁷ Die Möglichkeit der Direktbezahlung wird auch in Artikel 4 Nr. 9 Richtlinie 2014/94/EU gefordert.

Endkunden über verschiedene Medien erfolgen, beispielsweise über eine RFID-Karte oder eine Smartphone-App. Bei der Voraussetzung eines Vertrages mit einem Ladeinfrastrukturbetreiber erfolgt die Abrechnung vielfach über ein gesondertes Abrechnungs-Backend. Sowohl für die Lösung der Authentifizierung als auch der Abrechnung sollten Wege gewählt werden, die dem Endkunden die Nutzung der Ladeinfrastruktur zu geringen Transaktionskosten ermöglichen. Dies liegt auch im Interesse des Anbieters des Bündelangebots, der durch die Bereitstellung einer endnutzerfreundlichen Ladeinfrastruktur einen möglichst großen Kundenkreis erreichen möchte.

Exkurs: Bereitstellung von Ladeinfrastruktur durch ALDI SÜD¹

Im Mai 2015 hat ALDI Süd angekündigt auf den Parkflächen von 50 Filialen Ladeinfrastruktur bereitzustellen. Die Ladeinfrastruktur soll folgende Eigenschaften haben:

- Pro Standort wird eine **Kapazität** von einer Ladestation mit je drei Ladepunkten installiert.
- An der Ladestation wird sowohl Normalladen mit der AC-Technologie als auch Schnellladen mit der DC-Technologie angeboten, sodass Fahrzeuge während eines durchschnittlichen Einkaufs potenziell vollständig wiederaufgeladen werden können. Des Weiteren ist die **technische Ausgestaltung** gekennzeichnet durch die Installation der drei gängigen Stecker-Typen: Typ 2, Combo 2 (CCS) und CHAdeMO.
- Es erfolgt keine **Bepreisung**. Die Nutzung des Parkplatzes und der Ladeinfrastruktur ist kostenfrei.
- Da keine Bepreisung vorgesehen ist, bedarf es keiner weiteren Ausgestaltung der **Schnittstelle zum Endkunden**. Eine Authentifizierung ist nicht nötig. Die Kunden können die Ladeinfrastruktur ohne einen Vertrag mit einem Betreiber nutzen. Der Anschluss an ein Abrechnungs-Back-End ist ebenfalls nicht nötig.

4.3.3 Rolle der öffentlichen Hand bei der Bereitstellung von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich

a. Wissensmanagement und Vorgaben

Es ist bereits dargestellt worden, dass Unternehmen (beispielsweise Supermärkte und Möbelhäuser bzw. Freizeitanbieter) im Rahmen von Bündelangeboten Anreize haben dürften Ladeinfrastruktur bereitzustellen. Ebenfalls sollten diese Unternehmen ein Interesse daran haben, die Nutzung möglichst einfach zu gestalten, um einen möglichst großen Kundenkreis ansprechen zu können. In Bezug auf die Rationalität von Vorgaben durch die öffentliche Hand für die Bereitstellung von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich ist somit neben der Ausräumung rechtlicher Hürden zu klären, ob die Unternehmen über genügend dezentrales Wissen verfügen, um die oben dargestellten Anforderungen an ein Angebot im halböffentlichen Bereich erfüllen zu können.

Der **Kapazitätsbedarf** an einem Standort richtet sich nach der Größe des Standorts, den Eigenschaften der Endkunden sowie der Art des Bündelangebots (Einkauf, Freizeit, etc.). Das Unternehmen, das bisher seinen Endkunden auch einen Parkplatz bereitgestellt hat, hat in der Regel Wissen über die Anzahl der Endkunden, die durchschnittliche Parkdauer und das Einzugsgebiet der Endkunden, aus denen sich auch mögliche Wege grob ableiten lassen. Das Wissen über diese Parameter ist zudem Voraussetzung für die Entscheidung über die **technische Ausgestaltung** in Bezug auf die zu installierende Ladeleistung. Die Parameter können allerdings je nach Art des Bündelangebots und regionalen Besonderheiten zwischen einzelnen

¹ Vgl. RWE Effizienz GmbH (2015).

Standorten variieren. Der Aufbau von dezentralem Wissen zum Kapazitätsbedarf und der technischen Ausgestaltung an einzelnen Standorten ist für eine zentrale Stelle mit Aufwand verbunden.¹

Das Wissen über die weiteren Details der technischen Ausgestaltung und auch zur Umsetzung in Bezug auf die **Schnittstelle zum Endkunden** ist nicht zwangsläufig bei allen dezentralen Akteuren vorhanden. Schon die Entscheidung für eine Ladetechnologie – beispielsweise die Abwägung zwischen der AC 3 und der DC-Technologie – oder die Wahl des oder der Stecker-Typen – beispielsweise die Abwägung zwischen Combo 2 und / oder CHAdeMO – ist nicht ohne das Wissen um die Alternativen und die Auswirkungen der Festlegung zu fällen. Auch fehlendes Wissen, das für die Entscheidung gegen oder für die Einführung einer Authentifizierung – verbunden mit der Wahl des Authentifizierungsmediums – benötigt wird, kann insbesondere im Falle kleinerer Unternehmen und im Kontext von einem einmaligen Aufbau einer möglicherweise geringen Kapazität ein Hemmnis für den Aufbau sein.

Eine Möglichkeit Komplexität bei den potenziellen Bereitstellern zu reduzieren, sind Vorgaben durch die öffentliche Hand, die einen geeigneten Rahmen für dezentrales Engagement beim Aufbau von halböffentlicher Ladeinfrastruktur setzen. Die Vorgabe von Standards beispielsweise zu Stecker-Typen durch die öffentliche Hand – auch über den halböffentlichen Bereich hinaus – ist eine Maßnahme, die Transaktionskosten bei der Entscheidungsfindung zur technischen Ausgestaltung reduziert. Zudem sollte auch zu weiteren Gestaltungsparametern beispielsweise zur genauen Ausgestaltung der Schnittstelle zum Endkunden weiteres Wissen auf zentraler Ebene aufgebaut werden, das dann zur Etablierung weiterer Vorgaben für den Aufbau im halböffentlichen Bereich und gegebenenfalls auch darüber hinaus führen kann.

Neben direkten Vorgaben ist auch die Einführung eines Wissensmanagements durch die zentrale Ebene denkbar. Wissen beispielsweise zur sinnvollen Ausgestaltung der Schnittstelle zum Endkunden wird einmal zentral aufgebaut und im Anschluss beispielsweise in Form von Leitfäden dauerhaft für Unternehmen bereitgestellt. Dieses Wissen muss somit nicht parallel beziehungsweise wiederholt durch die dezentralen Bereitsteller aufgebaut werden. Das Wissensmanagement sollte explizit durch die öffentliche Hand erfolgen, da deren Zielsystem die Interessen der Konsumenten mit berücksichtigt.² Dies spielt insbesondere eine Rolle, da möglicherweise Ladeinfrastrukturbetreiber mit Gewinnerzielungsabsicht Anreize haben, den Unternehmen im halböffentlichen Bereich zu Ausgestaltungsoptionen zu raten, die nicht alle oben beschriebenen Anforderungen erfüllen – beispielsweise in Bezug auf die Zugänglichkeit oder die Bepreisung.³

b. Kofinanzierung

Auch wenn Unternehmen (beispielsweise Super- und Möbelmärkte bzw. Freizeitanbieter) grundsätzlich Anreize haben Ladeinfrastruktur aufzubauen, kann insbesondere in Anbetracht der Kosten des Aufbaus, des noch schleppenden Fahrzeughochlaufs und des Henne-Ei-Problems ein zusätzlicher finanzieller Anreiz durch die öffentliche Hand sinnvoll sein.⁴ Es ist allerdings anzumerken, dass die Klärung offener Fragen und die Förderung in den Bereichen des regelmäßigen Ladens und der Ladeinfrastruktur, die Mobilitätsoptionen auch für die Langstrecke generiert, prioritär zu behandeln sind.

Entscheidet sich die öffentliche Hand zusätzlich für eine Förderung des halböffentlichen Bereichs, sollte diese in Form einer anteiligen Kofinanzierung für den Aufbau von Ladeinfrastruktur umgesetzt werden.

¹ Die Eingliederung der hier betrachteten Ladeinfrastruktur in ein übergeordnetes zentral geplantes Netzwerk und damit einhergehenden Anforderungen an Kapazität und Verteilung wird hier nicht näher betrachtet.

² Vgl. Beckers / Gizzi / Jäkel (2012), S. 6.

³ Vgl. Reinke (2014), S. 158.

⁴ Vgl. Sierzchula / Bakker / Maat / van Wee (2014), S. 192.

Des Weiteren sollte die Inanspruchnahme an Bedingungen geknüpft sein. Innerhalb eines Förderprogramms sollte beispielsweise definiert werden, zu welchen Tageszeiten die Ladeinfrastruktur mindestens verfügbar sein muss. Zu überdenken ist die Frage, in wieweit ein Einkauf oder das Wahrnehmen einer Freizeitaktivität Voraussetzung für die Nutzung der (geförderten) Ladeinfrastruktur ist, oder ob diese uneingeschränkt allen Elektromobilitätsnutzern zu Verfügung stehen sollte. Des Weiteren sollten Bedingungen zur allgemeinen **technischen Ausgestaltung** und zur **Schnittstelle zum Endkunden** vorausgesetzt werden, die den oben dargestellten Anforderungen entsprechen. Beispielsweise ist unter der Annahme der Bepreisung die Einführung einer Direktbezahlmöglichkeit ein Weg, die Schnittstelle zum Endkunden möglichst einfach auszugestalten.¹ Gegebenenfalls sollte auch die Einhaltung eines einheitlichen und nachvollziehbaren Preiskatalogs zur Ausgestaltung der **Bepreisung** Voraussetzung für die Förderung sein.²

In Bezug auf die Förderhöhe ist zu berücksichtigen, dass sowohl der Zuschuss für einen einzelnen Ladepunkt als auch die Höhe des gesamten Förderprogramms nicht zu Fehlanreizen und einem Aufbau einer deutlich zu hohen Kapazität führen sollte. Gegebenenfalls sollte auch eine Deckelung der Förderung pro Standort oder innerhalb eines definierten Gebiets erfolgen. Möglicherweise ist die Aufteilung des Förderprogramms in mehrere kleinere Förderrunden sinnvoll, um Wissen über die Nachfrage zu generieren. Um die Gesamthöhe eines Förderprogramms und eine mögliche Deckelung innerhalb von definierten Gebieten abschätzen zu können, ist eine vorab erfolgende quantitative Abschätzung des **Kapazitätsbedarfs**, wie sie von der PTV durchgeführt worden ist, ein sinnvolles Instrument.

Exkurs: Japanisches Förderprogramm des „Nippon Charge Service“³

Im Jahre 2014 ist der „Nippon Charge Service“ (NCS) von vier großen japanischen Automobilherstellern – die Interesse an einem funktionierenden und kundenfreundlichen Ladeinfrastruktursystem für ihre Fahrzeugkunden haben – und der Development Bank of Japan gegründet worden. Ziel ist es, den Aufbau von Ladeinfrastruktur und damit den Fahrzeughochlauf zu unterstützen. Der halböffentliche Bereich mit Einkaufs- und Freizeitzielen wird explizit neben anderen Bereichen mit dem Programm adressiert. Entsprechend der dezentralen Gegebenheiten, wie beispielsweise der Parkdauer, besteht die Möglichkeit der Förderung von sowohl langsam- als auch schnellladefähigen Ladepunkten.

Unter Berücksichtigung einer möglichen zusätzlichen Förderung durch das japanische Wirtschaftsministerium werden bis zu 100 Prozent der Installationskosten erstattet. Der Höchstsatz der Förderung unterscheidet sich je nach installierter Ladetechnologie. Zusätzlich ist auch ein Zuschuss zu den Betriebskosten vorgesehen, der an den garantierten Betrieb über acht Jahre geknüpft ist. Pro Standort ist die Anzahl der förderfähigen Ladepunkte begrenzt.

Die möglichen Standorte werden anhand von definierten Kriterien bewertet und ausgewählt. Für die technische Ausgestaltung bestehen umfangreiche Vorgaben. Es existiert eine Positivliste an Hardware-Komponenten, die verbaut werden dürfen.

Eine transaktionskostenarme Ausgestaltung der Schnittstelle zum Endkunden wird durch den „Nippon Charge Service“ gewährleistet. Dieser legt zum einen den einheitlichen Tarifikatalog fest, zum anderen gibt dieser Ladekarten an Endkunden aus, mit denen der Zugang zur Ladeinfrastruktur geregelt ist. Der Zugang zur geförderten Ladeinfrastruktur kann nur über den „Nippon Charge Service“ erfolgen.

¹ Vgl. BDEW (2015), S. 3.

² Vgl. Art. 4 Nr. 10 Richtlinie 2014/94/EU.

³ Vgl. Mitsubishi (2014) und Nippon Charge Service (2015).

4.3.4 Mögliche Interdependenzen zwischen Ladeinfrastruktur im halböffentlichen und anderen Bereichen

Wie bereits im Abschnitt zu den konzeptionellen Überlegungen zum Ladeinfrastrukturbedarf im halböffentlichen Bereich dargestellt worden ist, gibt es neben dem Bedarf in dem hier betrachteten halböffentlichen Bereich weitere Bedarfe, die möglicherweise Interdependenzen aufweisen. Die Elektromobilitätsnutzer haben bei heutigen Batteriekapazitäten und unter der Annahme einer regelmäßigen Nutzung¹ einen Bedarf nach regelmäßiger Ladung. Dieser Bedarf wird für die ersten Nutzer der Elektromobilität häufig am regelmäßigen Parkort über Nacht erfolgen und durch Ladepunkte im privaten Bereich beispielsweise in der eigenen Garage oder in der Tiefgarage des Mehrfamilienhauses gedeckt werden. Darüber hinaus ist in diesem Zusammenhang auch ein tägliches Laden beim Arbeitgeber denkbar. Konzepte, die die Allokation von Park- und Ladeflächen regeln und eine gewisse Verlässlichkeit der Verfügbarkeit gewährleisten, müssen für das regelmäßige Laden im öffentlichen Raum – für die so genannten Laternenparker – noch entworfen und umgesetzt werden. Für das regelmäßige Laden treten im Status quo, in dem der regelmäßige Parkort überwiegend nicht im halböffentlichen Bereich verortet ist, keine Interdependenzen mit Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich auf. Möglicherweise werden zukünftig Park- und Ladekonzepte entwickelt, die eine nächtliche Nutzung von Parkflächen beispielsweise bei Supermärkten beinhalten. Diese Parkflächen im halböffentlichen Bereich könnten dann potenziell auch für das regelmäßige nächtliche Laden genutzt werden. Diese Nutzung hätte allerdings gegebenenfalls andere Anforderungen an die technische Ausgestaltung oder an Zugangsregelungen.

Der hier betrachtete Bedarf nebenbei bei einer Aktivität wie Einkauf oder Freizeit zu laden, kann grundsätzlich auch mit Ladeinfrastruktur im öffentlichen Bereich am Straßenrand gedeckt werden. Parkflächen im öffentlichen Bereich sind allerdings häufig knapp und sind nicht einzelnen Aktivitäten bzw. Unternehmen zugeordnet. Eine Bereitstellung von Parkflächen und Ladeinfrastruktur direkt im halböffentlichen Bereich ist für den Endkunden mit einer deutlich höheren Verlässlichkeit verbunden. Darüber hinaus ist die Genehmigung eines Ladepunktes im halböffentlichen Bereich vergleichsweise mit geringerem Aufwand verbunden.²

Es kann darüber hinaus mindestens ein weiterer Bedarf nach Ladeinfrastruktur angeführt werden. Im Kontext der Erreichung räumlich entfernter Ziele und lokaler Wege jenseits der heutigen Reichweite rein batterieelektrischer Fahrzeuge sowie in Fällen, in denen das regelmäßige Laden an mehreren aufeinander folgenden Tagen nicht erfolgen konnte, wird ein flächendeckendes (Schnell-)Ladenetzwerk benötigt. Grundsätzlich können für solch ein Netzwerk (räumlich-) geeignete Flächen auch bei Supermärkten, Möbelhäusern oder Freizeitangeboten verortet sein. Systematisch wird dies aber voraussichtlich nicht der Fall sein. Räumlich geeignet scheinen vielmehr Flächen beispielsweise an bestehenden Tankstellen, die in der Regel auch ein höheres Maß an (zeitlicher) Zugänglichkeit bieten. Ein vorhandenes (Schnell-)Ladenetzwerk würde allerdings Interdependenzen mit dem hier betrachteten halböffentlichen Bereich aufweisen. Beispielsweise hängt die Einordnung eines Ladepunktes im halböffentlichen Bereich im Sinne der in Tabelle 11 dargestellten Einordnung als notwendig auch von möglichen verfügbaren Alternativen ab. Tendenziell würde das Laden im halböffentlichen Raum optional werden. Nebenbei erfolgreiches Laden – ohne zusätzliche Zeitkosten – im halböffentlichen Bereich kann die Nutzung eines (Schnell-)Ladenetzes zumindest teilweise substituieren und vice versa. Im Allgemeinen ist zu hinterfragen, ob Parkflächen im halböffentlichen Bereich die Anforderungen an ein (Schnell-)Ladenetzwerk zur Deckung des oben beschriebenen Be-

¹ Eine regelmäßige Nutzung bzw. ausreichend hohe Fahrleistung ist Voraussetzung dafür, dass sich die Anschaffung eines rein batterieelektrischen Fahrzeugs mit vergleichsweise niedrigen Strom- bzw. Brennstoffkosten in Verbindung mit einem erhöhten Anschaffungspreis überhaupt rechnet.

² Vgl. BMVI (2014b), S. 20.

darfs, beispielsweise was den (zeitlichen) Zugang angeht, erfüllen – eine Zugänglichkeit von 24 Stunden an sieben Tagen der Woche sollte gewährleistet werden können.

Zu berücksichtigen ist, dass technologische Änderungen auf Seiten der Fahrzeuge und der Infrastruktur zu einem veränderten Bedarf mit differenzierten Auswirkungen in den einzelnen Bereichen haben können. Änderungen können beispielsweise deutlich höhere Batteriekapazitäten, höhere Ladeleistungen, Einsatz induktiver Ladeverfahren oder ein großer Anteil von Plug-in-Hybrid-Fahrzeugen sein.

4.3.5 Rechtliche Aspekte und Hindernisse bei der Bereitstellung von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich

a. Technische Ausgestaltung und Standards

Am 9. Januar 2015 legte das BMWi den Entwurf einer Ladesäulenverordnung (LSV-E) vor, die noch im Laufe des Jahres 2015 verabschiedet werden soll. Durch die Verordnung sollen „die technischen Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile“¹ zur Umsetzung der entsprechenden Anforderungen der Richtlinie 2014/94/EU für Deutschland erstmals normativ geregelt werden.² Wird die Verordnung in Kraft gesetzt, werden auch Teile der technischen Ausgestaltung halböffentlicher Ladeinfrastruktur verbindlich geregelt. In den Begrifflichkeiten und Definitionen lehnt sich die LSV-E (in Übereinstimmung mit dem EmoG) daher stark an die Richtlinie 2014/94/EU an.³ Ein „Ladepunkt [ist] öffentlich zugänglich, wenn er sich entweder im öffentlichen Straßenraum oder auf privatem Grund befindet, wenn dieser von einem unbestimmten oder nur nach allgemeinen Merkmalen bestimmbar Personenkreis tatsächlich betreten und genutzt werden kann“.⁴ Damit beansprucht die Verordnung auch für halböffentliche Ladeinfrastruktur Geltung.⁵

„Beim Aufbau von Normalladepunkten [und Schnellladepunkten], an denen das Wechselstromladen möglich ist, [...] werden] Steckdosen oder Fahrzeugkupplungen des Typs 2 gemäß der DIN EN 62196-2“ als Standard festgesetzt.⁶ „Beim Aufbau von Normal- und Schnellladepunkten, an denen das Gleichstromladen möglich ist, muss [...] jeder Ladepunkt mindestens mit Kupplungen des Typs Combo 2 nach der Norm DIN EN 62196-3 [...] ausgerüstet werden.“⁷ Durch diese Standardisierung sollen in „allen Mitgliedstaaten einheitlich geltende Mindeststandards“ und „langfristige Sicherheit [...] für private und öffentliche Investitionen in [...] den Infrastrukturaufbau“ geschaffen werden.⁸ Indem lediglich Mindeststandards festgelegt werden, soll die Offenheit für andere technische Lösungen erhalten werden, soweit daneben der europäische Standard angeboten wird.⁹

Die LSV-E ist somit ein erster Schritt zur Klärung offener Fragen bei der technischen Ausgestaltung. Kurzfristig bleiben allerdings durch die Festlegung von Mindestanforderungen zusätzliche Ausgestaltungsoptionen, wie beispielsweise die Frage nach einer zusätzlichen Installation eines CHAdeMO-Steckers oder der

¹ § 1 LSV-E.

² Verordnungsbegründung zum Entwurf der LSV, Allgemeiner Teil.

³ Verordnungsbegründung zum Entwurf der LSV, zu § 2.

⁴ § 2 Nr. 9 LSV-E, in Anlehnung an Art. 2 Nr. 7 Richtlinie 2014/94/EU.

⁵ Vgl. ausdrücklich auch Erwägungsgrund 26 Richtlinie 2014/94/EU.

⁶ § 3 Abs. 1 und 2 LSV-E, in Anlehnung an Art. 4 Abs. 4 i. V. m. Anhang II Nr. 1.1 und 1.2 Richtlinie 2014/94/EU.

⁷ § 3 Abs. 3 LSV-E, in Anlehnung an Art. 4 Abs. 4 i. V. m. Anhang II Nr. 1.2 Richtlinie 2014/94/EU.

⁸ Verordnungsbegründung zum Entwurf der LSV, Allgemeiner Teil in Übereinstimmung mit den Erwägungsgründen 10 Satz 1 und 33 Richtlinie 2014/94/EU.

⁹ Vgl. Verordnungsbegründung zum Entwurf der LSV, Allgemeiner Teil in Übereinstimmung mit den Erwägungsgründen 10 Satz 1 und 33 Richtlinie 2014/94/EU.

konkreten technischen Ausgestaltung der Authentifizierung, offen, sodass weiterhin ein Bedarf an Wissensmanagement für die Bereitstellung von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich besteht.

b. *Energierrecht und verwandte Rechtsbereiche*

Stromversorger

Fraglich und im Weißbuch zum Strommarktdesign¹ nicht für eine gesetzliche Klärung vorgesehen ist, ob der Ladeinfrastrukturbetreiber Stromversorger für den von ihm an Endkunden weitergeleiteten Strom ist. Energieversorgungsunternehmen² ist jede natürliche oder juristische Person, die Energie an andere liefert. Der Begriff ist bewusst sehr weit gefasst und erfasst unter anderem jede Belieferung und jeden Versorgungsvorgang anderer mit Strom auch im Nebenbetrieb.³ Damit ist der Betreiber eines Ladepunktes jedenfalls dann Stromlieferant, wenn er nach Kilowattstunden bemessenen entgeltlich Strom an Endkunden abgibt. Da auf die Lieferung und nicht auf Vertrieb oder Verkauf abgestellt wird, spielt auch die Entgeltlichkeit des Liefervorgangs keine Rolle. Ungeklärt ist, ob auch ein beachtlicher Liefervorgang⁴ vorliegt, wenn der Endkunde nur für das Parken zahlt und den Strom bei dieser Gelegenheit kostenlos lädt. Dagegen spricht, dass in diesem Fall unter Umständen keine Energie geliefert wird (der Preis fällt auch für das reine Parken an) und die Stromkosten gegenüber den Infrastrukturkosten (Parkplatz und Ladeinfrastruktur) vollkommen in den Hintergrund treten. Man könnte argumentieren, der Betreiber ermögliche hier nur die Infrastrukturnutzung und liefere keinen Strom. Ob dieses Argument überzeugt, bleibt jedoch abzuwarten, da die Lieferung in diesem Sinne⁵ sogar ein unentgeltlicher Versorgungsvorgang sein kann. Hier besteht also Rechtsunsicherheit. Betreiber von Ladestationen sollten jedoch in jedem Fall damit rechnen, als Energieversorgungsunternehmen mit allen Pflichten eingeordnet zu werden, wenngleich die Abrechnung nach Ladezeit oder das unentgeltliche Angebot von Strom hier möglicherweise einen Ausweg bieten.⁶ Stromversorger müssen insbesondere den Netzzugang abwickeln und die für sie geltenden detaillierten Vorschriften über die Ausgestaltung von Stromrechnungen⁷ beachten, die gegenüber Endkunden insbesondere bei den verschiedenen Möglichkeiten der Direktbezahlung schwer umsetzbar sein werden. Letztlich muss auch von diesen Endkunden eine Rechnungs- oder zumindest Emailadresse angegeben werden, um eine derart detaillierte Abrechnung zustellen zu können. Da es sich bei den hier betrachteten Endkunden i. d. R. um Haushaltskunden im Sinne des EnWG⁸ handeln wird (Jahresverbrauch < 10.000 kWh)⁹, muss der Betreiber eines Ladepunktes, wenn er ein Stromlieferant ist, sein Tätigwerden der Bun-

¹ BMWi (2015), S. 73.

² I. S. d. § 3 Nr. 18 EnWG.

³ Vgl. Theobald (2007), Rn. 145.

⁴ I. S. d. § 3 Nr. 18 EnWG.

⁵ I. S. d. § 3 Nr. 18 EnWG.

⁶ Vgl. de Wyl / Mühe (2015a).

⁷ § 40 Abs. 1 bis 4, Abs. 6 und 7, § 41 Abs. 1 und § 42 EnWG; de Wyl / Mühe (2015a).

⁸ § 3 Nr. 22 EnWG.

⁹ An dieser Abgrenzung wird erneut klar, dass das EnWG nicht auf die Ladeinfrastruktur zugeschnitten ist (vgl. zum Problem bei der Einordnung der Ladeinfrastruktur als Netz i. S. d. EnWG Hartwig (2013a und 2013b)). Es wird schwer zu ermitteln sein, ob beispielsweise ein Unternehmen mit mehreren Elektrofahrzeugen mehr als 10.000 kWh pro Jahr über die Ladestationen eines Anbieters bezieht. Auch fragt sich, ob diese Grenze hier überhaupt eine besondere Bedeutung hat. Es wäre kaum sachdienlich ein Unternehmen beim Laden anders zu behandeln, nur weil es mehrere Elektrofahrzeuge in der Flotte hat.

desnetzagentur anzeigen.¹ Darüber hinaus treffen ihn auch verschiedene Pflichten zur Speicherung und Veröffentlichung von Daten (Marktkommunikation).²

EEG Umlage und Stromsteuer

„Die Übertragungsnetzbetreiber können von Elektrizitätsversorgungsunternehmen, die Strom an Letztverbraucher liefern, anteilig zu dem jeweils von den Elektrizitätsversorgungsunternehmen an ihre Letztverbraucher gelieferten Strom die Kosten für die erforderlichen Ausgaben nach Abzug der erzielten Einnahmen und nach Maßgabe der Ausgleichsmechanismusverordnung verlangen (EEG-Umlage).“³ Elektrizitätsversorgungsunternehmen⁴ sind im EEG ähnlich definiert, wie die Energieversorgungsunternehmen im EnWG,⁵ sodass für das Abgrenzungsproblem im Wesentlichen auf die soeben dargestellte Diskussion verwiesen werden kann. Ein Ladeinfrastrukturbetreiber, der Strom nach kWh abgibt, muss somit in jedem Fall die EEG-Umlage zahlen. Gibt er den Strom kostenlos ab, oder berechnet nur die Park- oder Ladezeit, kann man im obigen Sinne argumentieren, dass nicht er, sondern sein Stromlieferant die EEG-Umlage abführen muss.⁶ Für Strom aus Eigenerzeugung⁷ für Ladeinfrastruktur in „unmittelbarem räumlichen Zusammenhang mit der Stromerzeugungsanlage“, von der der Strom kostenlos abgegeben, oder nur die Park- oder Ladezeit berechnet wird, kann in derselben Weise argumentiert werden, dass der Strom durch das Unternehmen selbst verbraucht worden sei. Für nach dem 31. Juli 2014 installierte Anlagen zur Eigenstromerzeugung gelten dann die reduzierten Umlagesätze nach § 61 Abs. 1 EEG. Keine EEG-Umlage fällt an für privilegierte Anlagen (§ 61 Abs. 2 EEG) und für Bestandsanlagen vor diesem Stichtag (§ 61 Abs. 3 EEG).⁸ Dabei besteht jedoch für alle genannten Vergünstigungen die oben genannte Rechtsunsicherheit, so dass auch Ladeinfrastrukturbetreiber, die nach Park- oder Ladezeit abrechnen, oder den Strom kostenlos abgeben, nicht sicher sein können, ob für sie die EEG-Umlage in voller Höhe anfällt.

Ein gleichlaufendes Problem stellt sich in Bezug auf die Stromsteuer. Die „im Steuergebiet ansässigen Versorger“ müssen 2,05 Cent pro kWh Stromsteuer zahlen, die „durch Letztverbraucher im Steuergebiet aus dem Versorgungsnetz entnommen wird, oder“ wenn sie selbst aus „dem Versorgungsnetz Strom zum Selbstverbrauch“ entnehmen. Wird der Strom an Letztverbraucher (die Endkunden) über einen Ladepunkt gegen einen Preis pro kWh abgegeben, fällt die Steuer damit in jedem Fall beim Betreiber des Ladepunkts an. Mit der Steuerpflicht geht eine Erlaubnispflicht durch das Hauptzollamt für die Stromabgabe (§ 4 Abs. 1 Satz 1 StromStG) und eine Pflicht zur Steueranmeldung/-erklärung (§ 8 Abs. 1 StromStG) einher.⁹ Bei kostenfreier Abgabe oder Abrechnung nach Lade- oder Parkzeit, kann mit den beschriebenen Rechtsunsicherheiten wiederum darauf abgestellt werden, dass die Infrastrukturnutzung im Vordergrund stehe und daher keine steuerpflichtige Stromentnahme stattfindet.¹⁰ In diesem Fall wäre der Stromversorger des Betreibers der Ladeinfrastruktur steuerpflichtig. Darüber hinaus könnte mit einigen Erfolgsaussichten bei einer Abrechnung nach Lade- oder Parkzeit argumentiert werden, dass der Endkunde Mieter des Ladepunktes oder des Parkplatzes sei und den Strom nur im Zusammenhang mit diesem Mietverhältnis bezie-

¹ §§ 5 und 54 Abs. 3 Satz 1 EnWG.

² Z. B. § 5a EnWG; vgl. de Wyl / Mühe (2015a).

³ § 60 Abs. 1 EEG.

⁴ § 5 Nr. 13 EEG.

⁵ § 3 Nr. 18 EnWG.

⁶ Vgl. de Wyl / Mühe (2015a).

⁷ § 5 Nr. 12 EEG.

⁸ Vgl. de Wyl / Mühe (2015b), S. 55.

⁹ Vgl. de Wyl / Mühe (2015a).

¹⁰ Vgl. de Wyl / Mühe (2015b), S. 60.

he. Dann würde die Ausnahme nach § 11 Nr. 2 StromStG i. V. m. § 1a Abs. 2 StromStV eingreifen,¹ wonach gleichfalls der Stromversorger und nicht der Ladeinfrastrukturbetreiber steuerpflichtig wäre. Auch hier ist jedoch abzuwarten, ob sich die Argumentation bei den Finanzämtern verfängt und eine Klarstellung in der Verordnung hilfreich wäre.

Steuerrechtlich bereits passend geregelt ist, dass die Errichtung der Ladeinfrastruktur für Endkunden und zumindest die kostenlose Stromabgabe zur Kundenbindung sowohl in Bezug auf die Körperschaftsteuer von den Betriebsausgaben abzugsfähig sind.² Die entgeltliche Abgabe von Strom ist umsatzsteuerpflichtig und vorsteuerabzugsfähig.³ Bei der unentgeltlichen Abgabe von Strom gilt das i. d. R. nicht.⁴

Folgen der Rechtsunsicherheit im Energierecht

Aus Sicht des Energierechts und der verwandten Rechtsgebiete besteht im Umgang mit Ladeinfrastruktur somit noch ein erheblicher Klarstellungsbedarf. Manche Rechtsunsicherheiten sollen laut Weißbuch durch das geplante Strommarktgesetz klargestellt werden.⁵ Einer endgültigen Klärung soll danach etwa die hier aus Platzgründen nicht vertiefte Frage zugeführt werden, ob es sich bei einer Ladestation nicht um einen Teil des Elektrizitätsverteilungsnetzes der allgemeinen Versorgung, oder um eine Energieanlage sui generis oder Teil einer Kundenanlage handelt.⁶ Verbesserungen sollen auch für die Markt- und Netzintegration der Elektromobilität geschaffen werden.⁷ Andere rechtliche Probleme sind im Weißbuch jedoch nicht adressiert. Insbesondere die Pflichten als Stromversorger, die Pflicht zur Zahlung der EEG-Umlage und der Stromsteuer, die mit beidem im Zusammenhang stehenden Dokumentations- und Erklärungspflichten würden insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen eine erhebliche Hürde für den Betrieb von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich darstellen. Denen können sie derzeit nur begegnen, indem sie ein spezialisiertes drittes Unternehmen als Ladeinfrastrukturbetreiber in die Pflicht nehmen.⁸ An den Betreiber der Ladeinfrastruktur bestehen noch vielfältige weitere Anforderungen, beispielsweise im Bereich des Mess- und Eichrechts. Auch die Gestaltung des Parkens an einer Ladestation im halböffentlichen Raum und der Ausgestaltung des Parkraums unterliegt vielfältiger rechtlicher Bindungen insbesondere aus dem Straßenverkehrsrecht. Da in diesen Bereichen jedoch keine grundsätzlichen Probleme bestehen, die einer Regelung durch den Gesetz- oder Verordnungsgeber bedürften, wurde von einer Vertiefung aus Platzgründen abgesehen.

¹ So auch de Wyl / Mühe (2015b), S. 60.

² Vgl. § 8 Abs. 1 KStG und § 4 EStG.

³ § 1 Abs. 1 Nr. 1 und § 15 UStG; de Wyl / Mühe (2015b), S. 82 und 91.

⁴ Vgl. § 1 Abs. 1 Nr. 1, § 3 Abs. 1b Satz 1 Nr. 3 und § 15 UStG; vgl. de Wyl / Mühe (2015b), S. 82 und 91.

⁵ BMWi (2015), S. 73.

⁶ So etwa de Wyl / Ringwald / Sinning (2014, S. 44 m. w. N.); a. A. Hartwig (2013b, 482 m. w. N.); Weis (2014) zu den Konsequenzen der Einordnung der Ladeinfrastruktur als Teil des Netzes Hartwig (2013a).

⁷ Auf die grundlegenden rechtlichen Defizite in diesem Bereich konnte hier nicht eingegangen werden, es sei verwiesen auf Wickert / Gerhard / Trost / Prior / Cacilo / Hartwig / Reinhardt / Münzing (2014), insbesondere S. 250 ff..

⁸ Vgl. de Wyl / Mühe (2015a).

c. Grundstückseigentum und Netzanschluss

Ist ein Unternehmen nicht Alleineigentümer des Grundstücks auf dem die halböffentliche Ladeinfrastruktur errichtet werden soll, bedarf es eines Vertrags bzw. einer entsprechenden Vertragsanpassung mit dem Eigentümer bzw. den Miteigentümern.¹ Wenn durch den Aufbau besonderer Baubedarf, Bedarf zur Ertüchtigung des Netzanschlusses (mit Netzanschlusskosten, Baukostenzuschuss etc.) oder vergleichbare Erfordernisse entstehen und mögen der Vermieter, Verpächter oder die Miteigentümer des Grundstücks hier nicht von selbst zu einer vertraglichen Regelung bereit sein, dann ist der Aufbau ausgeschlossen. Ein Anspruch auf Errichtung und Betrieb der Ladeinfrastruktur besteht hier nicht.²

Netzseitig können einem Betreiber halböffentlicher Ladeinfrastruktur schnell hohe Zusatzkosten durch Netzanschluss bzw. Ertüchtigung des Netzanschlusses³ und Baukostenzuschüsse⁴ entstehen. Letztere sind für das Niederspannungsnetz gedeckelt, können bei einem Anschluss ans Mittelspannungsnetz (z. B. für Schnellladeinfrastruktur) jedoch noch stärker zu Buche schlagen. In diesem Bereich Ausnahmen für den Aufbau von Ladeinfrastruktur zu schaffen, wäre relativ einfach umsetzbar. Auf den bestehenden Ermächtigungen des Energiewirtschaftsgesetzes können Ausnahmen im Verordnungswege umgesetzt werden (für das Niederspannungsnetz in der Niederspannungsanschlussverordnung). Mindereinnahmen könnten die Netzbetreiber unkompliziert über die Netzentgelte umlegen.

4.3.6 Fazit

Es ist dargestellt worden, dass ein Vorteil der Nutzung von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich das Laden ohne zusätzliche Zeitkosten während anderer Aktivitäten (Einkauf, Freizeit, etc.) ist. Grundsätzlich spricht vieles dafür, dass im hier betrachteten halböffentlichen Bereich Unternehmen bei geeigneter Rahmensetzung im Kontext von Bündelangeboten – wie bisher auch Parkraum – Ladeinfrastruktur bereitstellen und finanzieren werden. Am wichtigsten wäre es daher diesen Rechtssicherheit im Bereich des Energiewirtschaftsrechts (Netzbetreiber?, Stromversorger?) und der Pflichtigkeit in Bezug auf EEG-Umlage, Stromsteuer, Messung, Eichung und Preisangaben zu schaffen.

In Bezug auf die Rationalität von Wissensmanagement und Vorgaben durch die öffentliche Hand ist geprüft worden, ob die Unternehmen über genügend dezentrales Wissen verfügen, um die Anforderungen an ein Angebot von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich zu erfüllen. Wissen beispielsweise zum Kapazitätsbedarf, der von der Größe des Standorts, dem Bündelangebot und den Eigenschaften der Endkunden abhängt, liegt dezentral bei den Unternehmen vor. Diese verfügen aber nicht unbedingt über genügend Wissen über sämtliche Details der technischen Ausgestaltung. Aus diesem Grund sollte durch die öffentliche Hand zentral beispielsweise Wissen zur transaktionskostenarmen Ausgestaltung der Schnittstelle zum Endkunden und weiteren Optionen der technischen Ausgestaltung bereitgestellt werden. Auch die Vorgabe von Standards in Bezug auf diese Ausgestaltungsoptionen kann sinnvoll sein.⁵ Mit der LSV-E ist hier ein erster Schritt erfolgt. Durch die angekündigte Vorgabe von Mindeststandards zur technischen Ausgestaltung besteht allerdings weiterhin ein Bedarf an Wissensmanagement zu weiteren (zusätzlichen) Ausgestaltungsoptionen, die durch die LSV-E offen gelassen werden.

¹ Vgl. de Wyl / Mühe, S. (2015a).

² Zum nahezu gleichlaufenden Problem für private Ladeinfrastruktur vergleiche Rodi / Hartwig (2014), S. 594 ff.

³ § 9 NAV.

⁴ § 11 NAV.

⁵ Vgl. Reinke (2014), S. 117 ff.

Eine Förderung des Aufbaus im halböffentlichen Bereich in Form einer Kofinanzierung ist zunächst nicht als prioritär anzusehen. Entscheidet sich die öffentliche Hand dennoch für eine zusätzliche Förderung des halböffentlichen Bereichs, sollte die Auszahlung der Förderung an Bedingungen im Sinne der hier dargestellten Anforderungen geknüpft sein. Möglicherweise ist die Aufteilung des Förderprogramms in mehrere kleinere Förderrunden sinnvoll, um Wissen über die Nachfrage zu generieren. Zudem kann gegebenenfalls eine Deckelung der Förderung pro Standort oder innerhalb eines definierten Gebiets sinnvoll sein.

Bei den rechtlichen Aspekten und Hindernissen bei der Bereitstellung von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich sind vor allem die Rechtsunsicherheit im Bereich des Energiewirtschaftsrechts und die Pflichtigkeit in Bezug auf EEG-Umlage und Stromsteuer zu nennen. Diese Punkte sollten zeitnah durch den Gesetzgeber geregelt werden, um Rechtssicherheit bei den Unternehmen zu schaffen.

Es bestehen teilweise Interdependenzen zwischen der Bereitstellung von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen und in anderen Bereichen (privat und öffentlich). Das regelmäßige Laden, das im Status quo in der Regel im privaten Bereich erfolgt, weist nur geringe Interdependenzen zum halböffentlichen Bereich auf. Das Angebot eines flächendeckenden (Schnell-)Ladenetzwerks kann teilweise, aber nicht systematisch in dem hier dargestellten Bereich (bei Supermärkten, Möbelhäusern und Freizeit Anbietern) erfolgen. Ein vorhandenes (Schnell-)Ladenetzwerk würde allerdings Interdependenzen mit dem halböffentlichen Bereich aufweisen. Die Analyse übergreifender Modelle für das integrierte Angebot heterogener Ladeinfrastrukturen (Verortung, Ladeleistung und -technologie) unter Berücksichtigung von realitätsnahem Endnutzerverhalten für unterschiedliche Eigenschaften von öffentlicher, halböffentlicher und privater Ladeinfrastruktur und aller gängigen Ladetechnologien (AC 1, AC 3, DC) wird Teil des Forschungsvorhabens eMERGE 2 sein.

4.4 Übergreifende Beurteilung des Bedarfs an halböffentlicher Ladeinfrastruktur und diesbezüglicher Regulierungsoptionen – AP 440 (PTV AG; TUB-WIP)

Für die Einführung der Elektromobilität spielen Kommunen, Länder und Bund eine entscheidende Rolle. Die öffentliche Hand kann durch die Förderung der Elektromobilität einen Beitrag zur nachhaltigen Verkehrsentwicklung, zur Reduzierung der Luftschadstoff- und Geräuschemissionen und zur Förderung der Wirtschaft leisten. Diese Veränderungen haben eine Steigerung der Lebensqualität und ein Imagegewinn der Körperschaft zufolge.

Häufig fehlt jedoch noch grundlegendes Wissen zum Thema; so auch zu Nutzerpotenzialen, zur Standortplanung und Regulierungsoptionen von Ladeinfrastruktur. Das folgende Kapitel liefert auf der Basis der Ergebnisse aus dem AP 420 – „Verkehrliche Anforderungen / Bedarf an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur“ und AP 430 – „Konzepte und Regelsetzung / Regulierung für halböffentliche Ladeinfrastruktur“ allgemeine Hinweise zu Handlungsempfehlungen für die öffentliche Hand. Im Folgenden werden die, für die Förderung der Elektromobilität relevanten Zielgruppen beleuchtet; es werden räumliche Schwerpunkte für die Planung von Ladeinfrastruktur aufgezeigt und schließlich Wege zum Aufbau und Betrieb, insbesondere von halböffentlicher Ladeinfrastruktur beschreiben. Diese zusätzlichen Informationen sollen helfen, die Aktivitäten und somit die Entwicklungen gezielt zu steuern und damit erfolgreicher zu machen. Ausführlichere Informationen finden Sie im Meilensteinbericht MS 4 „Bericht zur Beurteilung der Handlungsoptionen für die öffentliche Hand“.

4.4.1 Zielgruppenspezifische Förderung der Elektromobilität (PTV AG)

Entscheidet sich eine Kommune, ein Land oder der Bund dazu, im Bereich der Elektromobilität aktiv zu werden, gilt es als Erstes, für die geplante Aktivität die entsprechende Zielgruppe bzw. Zielgruppen zu bestimmen. Des Weiteren müssen die Informationen zielgruppenspezifisch aufbereitet, die Aktivitäten zielgruppenspezifisch gestaltet werden. Erfahrungsgemäß liegt der Schlüssel des Erfolges von Informationsangeboten, von infrastrukturellen, finanziellen oder ordnungsrechtlichen Maßnahmen in der Fokussierung des Angebots auf das Interesse und den Bedarf heutiger wie künftiger Zielgruppen. Denn die Erfahrung hat gezeigt, dass Personen auf Informationen eher reagieren, wenn sie maßgeschneiderte, relevante Aussagen erhalten und für sie interessante Maßnahmen und Anreize erfahren¹. Je mehr auf die einzelnen Nutzer- und damit Zielgruppen abgestimmte Informationen geliefert werden können, je spezifischer die Aktivität auf ein Segment zugeschnitten ist, desto positiver fällt die Bilanz der Maßnahme aus. Das Wissen über Elektrofahrzeuge und die Fahrerfahrung sind für die positive Einstellung der Elektromobilität gegenüber sehr entscheidend.

Im Rahmen des Fördervorhabens eMERGE wurden unterschiedliche Nutzergruppen von Elektrofahrzeugen und deren Potenziale für das Jahr 2025 bestimmt. Zu Nutzergruppen werden Personen mit homogenem Verkehrsverhalten zusammengefasst. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass ihre Mobilitätsgewohnheiten und Einstellungen zum Fahren eines Elektrofahrzeuges passen. Die Passfähigkeit wurde dadurch bestimmt, dass der ökologische, ökonomische oder soziale Nutzeffekt die Mehrkosten eines Elektrofahrzeuges bei der Anschaffung kompensiert. Im Rahmen des AP 420 konnten elf potenzielle Nutzergruppen für das Jahr 2025 identifiziert werden.

Durch die angenommenen Motive der Elektrofahrzeugnutzung der einzelnen verhaltenshomogenen Gruppen können die Botschaften von Informationsmaßnahmen bei den Weitpendlern, Unternehmen und Institutionen mit Fahrzeugen darauf abzielen, die Einsparungen der Betriebs- und Unterhaltskosten zu betonen. Das positive Image der Elektrofahrzeuge kann den Umstieg auf einen Elektroantrieb befördern. Einkommensschwache Personengruppen und Unternehmen sowie Personen und Unternehmen mit geringer Fahrleistung sind geeignete Ansprechpartner für die Nutzung von Carsharing oder den Kauf eines Elektrofahrzeuges auf dem Gebrauchtmärkte. Einkommensstarke Haushalte und Unternehmen können zum Kauf eines Elektrofahrzeuges durch weitere Motive angesprochen werden. Hier gilt es jedoch noch weitere Unterscheidungen innerhalb der Nutzergruppe zu treffen. So können umweltbewusste Haushalte durch ökologische Einsparungen, image- und trendbewusste Gruppen durch die Modernität der Technik und des Designs angesprochen werden. Technisch Begeisterte kann man mit technischen Fakten zur Batterie und Fahrleistung adressieren. Bei Unternehmen und Institutionen, die Elektrofahrzeuge einsetzen, kann unterstellt werden, dass die wirtschaftliche Bilanz des Einsatzes stimmen muss.

Für die Planung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur ist es notwendig, die aktuellen und künftigen Nutzer mit ihrem Fahr- und Ladeverhalten einschätzen zu können. Denn die Standorte der Ladeinfrastruktur, die Anzahl an Anschlusspunkten und die Anschlussleistung sollten der prognostizierten örtlichen Nachfrage entsprechend geplant werden. Mit Ausnahme eines großen Anteils an Carsharing- und Mietfahrzeugen kann man annehmen, dass alle übrigen Zielgruppen ihren regelmäßigen Ladebedarf an privater Ladeinfrastruktur zu Hause oder auf dem Betriebshof decken werden. Carsharing-Fahrzeuge, insbesondere die der Free-floating-Anbieter, sind auf öffentlich zugängliche Ladepunkte angewiesen. Auch Besucher einer Stadt mit Mietwagen oder Privatwagen benötigen öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur. Daher sind sie als wichtige Zielgruppe öffentlicher Ladeinfrastruktur in der Planung zu berücksichtigen. Dennoch überwiegt voraussichtlich die Anzahl öffentlich zugänglicher Ladevorgänge von ortsansässigen Bewohnern und Beschäftigten mit privaten und rein gewerblichen Fahrzeugen aufgrund der erwarteten

¹ Vgl. Luchmann, Szabo (2013).

höheren Fahrzeugzahl, obschon das Verhältnis privates Laden zu öffentlich zugänglichem Laden deutlich zugunsten des privaten Ladens ausfällt. Für die Nutzergruppen der beruflichen Vielfahrer, der sonstigen privaten und gewerblichen Besitzer von gebrauchten oder neuen Elektrofahrzeugen ist öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur weniger aus einer Ladenotwendigkeit, als vielmehr zur Deckung eines Restladebedarfs vorzuhalten. Für alle potenziellen Nutzer dient der Aufbau öffentlich zugänglicher Ladepunkte mitunter dazu, durch die Sichtbarkeit der Lademöglichkeiten die Reichweitenangst potenzieller Nutzer zu nehmen.

4.4.2 Schwerpunkte des Ladeinfrastrukturbedarfs für die Standortplanung (PTV AG)

Im AP 420 erfolgte, auf der Grundlage unterschiedlicher Wohnstandorte und der Zielwahl der Nutzer von Elektrofahrzeugen, die räumliche Verteilung des öffentlich zugänglichen Ladeinfrastrukturbedarfs. Die Zahl der Bewohner, Beschäftigten, Besucher und Kunden, deren Art und Höhe der Motorisierung und die Standzeiten der Fahrzeuge bestimmen den Bedarf an Ladeinfrastruktur an einem Standort. Die Abschätzungen für die Stadt Berlin im Jahr 2025, wie sie im AP 420 vorgenommen wurden, konnten zeigen, dass verschiedene Gebiete einer Stadt einen unterschiedlich hohen Bedarf für Ladeinfrastruktur aufweisen. Die Ladeinfrastruktur sollte daher nicht gleichmäßig über das Stadtgebiet, sondern dem Bedarf entsprechend, verteilt werden.

Generell gilt, dass der Aufbau von Ladeinfrastruktur möglichst in Nähe der Wohn- und Zielorte der Nutzer erfolgen sollte. Für den öffentlich und halböffentlichen Ladeinfrastrukturbedarf in der Nacht spielen die Wohnstandorte der privaten Nutzer, unter der Annahme, dass einige von ihnen nachts öffentlich zugänglich laden werden, sowie die Nachtstandorte der standortungebundenen Carsharing- und Mietwagenflotten eine maßgebliche Rolle. Infolge der langen Standzeit der Fahrzeuge ist an diesen Standorten eine Anschlussleistung von 3,7 kW ausreichend. Die Ergebnisse der Untersuchung konnten zeigen, dass insbesondere in dicht besiedelten Wohn- und Mischgebieten der Nachtladebedarf den Aufbau von Ladeinfrastruktur bestimmen sollte. Es besteht jedoch kein öffentlich zugänglicher Ladeinfrastrukturbedarf in Wohngebieten mit nahezu ausschließlich Ein- und Zweifamilienhausbebauung. An diesen Wohnorten kann davon ausgegangen werden, dass überwiegend in privaten Garagen und auf privaten Stellplätzen geparkt und entsprechend auch geladen wird. Bei dem Nutzersegment der restlichen gewerblichen Fahrzeuge wird davon ausgegangen, dass diese nachts fast ausnahmslos auf privatem Grund stehen und laden.

Hohen Ladeinfrastrukturbedarf am Tag mit langen Standzeiten zeigen Zielstandorte von Beschäftigten und Auszubildenden/Studierenden. Z. B. in Gewerbe- und Industriestandorten, an Verwaltungs- und Hochschulstandorten mit hoher Zahl an Arbeits-, Ausbildungsplätzen ist der Bedarf für Laden am Tag der bestimmende Faktor. Auch wenn generell eine Anschlussleistung von bis zu 22 kW zu empfehlen ist, wäre hier durch die langen Stehzeiten der Fahrzeuge eine Anschlussleistung von 3,7 kW ausreichend.

Anders verhält es sich an Freizeit- und Einkaufsstandorten wie Sportplätze, Kinos, Möbelgeschäfte und Supermärkte, aber auch intermodalen Verknüpfungspunkten wie Flughäfen, Fern- und Regional-, S-Bahnhöfe oder auch öffentlich zugänglichen Stellplatzanlagen. Ferner sind intermodale Schnittstellen wie Bahnhöfe, Haltestellen des öffentlichen Verkehrs und P+R-Stellplätze mit hohen Zahlen an Umsteigern, sofern sie auch über Pkw-Stellplätze verfügen, Orte an denen ein hoher Ladeinfrastrukturbedarf zu erwarten ist. Die hohen Bedarfszahlen von Ladesäulen am Hauptbahnhof und dem Bahnhof Gesundbrunnen untermauern diese These. Diese Standorte sind sowohl für Pendler, als auch Besucher und Touristen attraktive Zielorte mit hohem Bedarf an Ladeinfrastruktur. Hier wird neben privaten Elektrofahrzeugen ein hoher Ladebedarf von Carsharing- und Mietwagen erwartet. In Kern- und Sondergebieten sowie Gewerbegebieten mit überwiegend Einzelhandel und Freizeiteinrichtungen kann der kurzfristige Ladebedarf am Tag den Ausschlag für den Ladeinfrastrukturbedarf des Gebietes geben. An letztgenannten Standorten wird die Ladeinfrastruktur insbesondere im halböffentlichen Raum unterzubringen sein. Da es an diesen

Standorten häufig zu Fahrzeugstehzeiten von weniger als zwei Stunden kommt, ist eine Anschlussleistung von 22 kW und mehr vorteilhaft. Einen Schwerpunkt für das öffentlich zugängliche Laden bilden auch öffentlich zugängliche Stellplatzanlagen. Diese liegen häufig in Bereichen der Innenstädte sowie an überregional bedeutsamen kulturellen, sportlichen Veranstaltungs- und Messestandorten. Als Beispiel sind die hohen Bedarfszahlen für den Messestandort am Funkturm in Berlin zu nennen. Mit steigender Frequenz sollten Versorgungs- und Freizeiteinrichtungen in den Blick genommen werden. Aber ebenso sind große Arbeitgeber wie Schulen, Senioren-, Pflegeheime bei dem Aufbau öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur zu berücksichtigen. Hierbei kann es sich je nach Besucher-Beschäftigten-Verhältnis um mehrheitlich lange oder kurze Standzeiten der Fahrzeuge handeln.

An allen Standorten empfiehlt sich ein Aufbau von Ladeinfrastruktur an zentralen, gut sichtbaren und leicht zugänglichen Standorten. Privilegierte Standorte von Stellplätzen z. B. eingangsnah, sind von Vorteil, da die Attraktivität des Stellplatzes hoch ist. Diese Bevorzugung gegenüber konventionellen Fahrzeugen schafft einen zusätzlichen Mehrwert für die Nutzer von Elektrofahrzeugen und kann so einen Werbeeffect für den Einsatz von Elektrofahrzeugen erzielen. Ein wieder erkennbares Design und eine ähnliche Lage der Stellplätze mit Ladeoption auf Parkplätzen oder an Straßen erleichtert das Auffinden der Ladeinfrastruktur. Weitere Informationen zur kleinräumigen Standortsuche liefern die Dokumente des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur „Elektromobilität in Kommunen. Handlungsleitfaden“ (BMVI 2014a), „Genehmigungsprozess der e-Ladeinfrastruktur in Kommunen“ (BMVI 2014b) sowie „Öffentliche Ladeinfrastruktur für Städte, Kommunen und Versorger. Kompendium für den interoperablen und bedarfsgerechten Aufbau von Infrastruktur für Elektrofahrzeuge“ (BMVI 2014c).

4.4.3 Bereitstellung halböffentlicher Ladeinfrastruktur (TUB-WIP)

Ein Vorteil des Ladens im halböffentlichen Bereich ist, dass die Nutzung der Ladeninfrastruktur nebenbei während anderer Aktivitäten stattfindet. Es entstehen somit für den Endnutzer keine zusätzlichen Zeitkosten. Grundsätzlich spricht vieles dafür, dass im hier betrachteten halböffentlichen Bereich Unternehmen bei geeigneter Rahmensetzung Ladeinfrastruktur bereitstellen und finanzieren werden. Unternehmen, wie Supermärkte, Möbelhäuser oder Freizeitanbieter stellen bereits derzeit ihren Kunden im Kontext von Bündelangeboten Parkraum zur Verfügung.

Somit ist in Bezug auf die Rationalität von Vorgaben durch die öffentliche Hand insbesondere zu hinterfragen, ob Unternehmen, die bisher ihren Endkunden nur Parkplätze angeboten haben, über genügend dezentrales Wissen verfügen, um die Anforderungen an ein Angebot von Ladeinfrastruktur im halböffentlichen Bereich zu erfüllen. Darüber hinaus ist das Wissen zur genauen technischen Ausgestaltung der Ladeinfrastruktur und der Schnittstelle zum Endkunden vermutlich nicht bei allen Unternehmen dezentral vorhanden. Somit sollte Wissen zu diesen Ausgestaltungsoptionen zentral gesammelt und den Unternehmen dauerhaft zur Verfügung gestellt werden. Gegebenenfalls sind auch Vorgaben, beispielsweise zu verpflichtenden Möglichkeit der Direktbezahlung, notwendig.¹

Es ist anzumerken, dass die Klärung und gegebenenfalls Förderung in den Bereichen des regelmäßigen Ladens und der Ladeinfrastruktur, die Mobilitätsoptionen auch für die Langstrecke schafft, prioritär zu behandeln ist. Sollte in Anbetracht des schleppenden Fahrzeughochlaufs, des Henne-Ei-Problems und der vorhandenen Anreize zum Aufbau bei Supermärkten, Möbelhäusern oder Freizeit Anbietern, ein zusätzliches Förderprogramm für den halböffentlichen Bereich ausgearbeitet werden, sollte die Förderung in Form einer Kofinanzierung an Bedingungen geknüpft werden. Darunter sollten Vorgaben zur technischen Ausgestaltung und der Ausgestaltung der Schnittstelle zum Endkunden fallen. Des Weiteren sind Vorga-

¹ Vgl. Art. 4 Nr. 9 Richtlinie 2014/94/EU.

ben zu einem einheitlichen Preiskatalog¹ und der zeitlichen Verfügbarkeit der Ladeinfrastruktur möglicherweise notwendig. Möglicherweise ist die Aufteilung des Förderprogramms in mehrere kleinere Förderungen sinnvoll, um Wissen über die Nachfrage zu generieren.

Aus rechtlicher Sicht ist es erforderlich, den Unternehmen im halböffentlichen Bereich größtmögliche Rechtssicherheit beim Aufbau von Ladeinfrastruktur zu verschaffen. Die Unternehmen müssen wissen, ob sie als Stromversorger eingeordnet werden und welche Pflichten sie in Bezug auf EEG-Umlage und Stromsteuer treffen. Diese Fragen sollten insbesondere unabhängig davon geregelt sein, ob der Strom per kWh, oder nach Lade- oder Parkzeit abgerechnet wird.

4.5 Literatur

Beckers, T. / Gizzi, F. / Jäkel, K. (2012): *Organisations- und Betreibermodelle für Verkehrstelematikangebote – Untersuchungsansatz sowie beispielhafte Analyse von Verkehrsinformationsdiensten; Studie im Rahmen des von BMVBS, BMWi und BMBF geförderten Projektes SIM-TD; abgerufen am 08.07.2015 unter:*

https://www.wip.tu-berlin.de/fileadmin/fg280/studium_und_lehre/lehrveranstaltungen/infoveranstaltung/beckers_gizzi_jaekel_2013-organisationsmodelle_fuer_verkehrstelematikangebote.pdf

BDEW - Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2013): *Aktualisierung und Fortführung der Studie „Die zukünftige Elektromobilitätsinfrastruktur gestalten“*. Berlin.

BDEW (2015): *Positionspapier. Anforderungen an eine kundenfreundliche Ladeinfrastruktur für elektrifizierte Personenkraftwagen und Nutzfahrzeuge; abgerufen am 08.07.2015 unter:*
[https://www.bdew.de/internet.nsf/id/AD3EEA53C8D988C5C1257E6500315E8A/\\$file/BDEW%20Positionspapier%20zu%20Anforderungen%20an%20interoperable%20Ladeinfrastruktur_oA.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/AD3EEA53C8D988C5C1257E6500315E8A/$file/BDEW%20Positionspapier%20zu%20Anforderungen%20an%20interoperable%20Ladeinfrastruktur_oA.pdf)

BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) 2014a: *Elektromobilität in Kommunen. Handlungsleitfaden. Bausteine zur Entwicklung kommunaler Strategien für Planer und Entscheidungsträger*, Berlin.

BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) 2014b: *Genehmigungsprozess der e-Ladeinfrastruktur in Kommunen: Strategische und rechtliche Fragen. Eine Handreichung*, Berlin.

BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) 2014c: *Öffentliche Ladeinfrastruktur für Städte, Kommunen und Versorger. Kompendium für den interoperablen und bedarfsgerechten Aufbau von Infrastruktur für Elektrofahrzeuge*, Berlin.

BMW (2015): *Ein Strommarkt für die Energiewende (Weißbuch); 1. Auflage*, Berlin.

De Wyl, C. / Mühe, S. (2015a): *Innovativer Arbeitgeber – aber kein Stromlieferant*. In: *Zeitung für kommunale Wirtschaft*, Nr. 2 (2015), S. 8.

De Wyl, C. / Mühe, S. (2015b): *Laden von Elektrofahrzeugen beim Arbeitgeber*, (Seminarunterlagen, unveröffentlicht, Version vom 09.07.2015).

De Wyl, C. / Ringwald, R. / Sinning, G. (2014): *Rechtliche Aspekte der Elektromobilität: Ein Überblick*. In: *Rodi, M. (Hrsg.): Die Eisenbahn in Zeitalter der Elektromobilität*, S. 33-55.

EEG: *Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2014) vom 21.07.2014 (BGBl. I S. 1066), zuletzt geändert durch Gesetz vom 29.06.2015 (BGBl. I S. 1010)*.

¹ Vgl. Art. 4 Nr. 10 Richtlinie 2014/94/EU.

- EmoG: Gesetz zur Bevorrechtigung der Verwendung elektrisch betriebener Fahrzeuge (Elektromobilitätsgesetz) vom 05.06.2015 (BGBl. I S. 898).*
- EnWG: Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz) vom 07.07.2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), zuletzt geändert durch Gesetz vom 28.07.2015 (BGBl. I S. 1400).*
- ESMT – European School of Management and Technology (2011): Marktmodell Elektromobilität, Berlin.*
- EStG: Einkommensteuergesetz in der Fassung vom 08.10.2009 (BGBl. I S. 3366, 3862), zuletzt geändert durch Gesetz vom 28.07.2015 (BGBl. I S. 1400).*
- Hartwig, M. (2013a): Öffentliche Ladestationen als Teil des Elektrizitätsversorgungsnetzes der allgemeinen Versorgung – Teil 1. In: Zeitschrift für Neues Energierecht, Vol. 17, Nr. 4, S 356-363.*
- Hartwig, M. (2013b): Öffentliche Ladestationen als Teil des Elektrizitätsversorgungsnetzes der allgemeinen Versorgung – Teil 2. In: Zeitschrift für Neues Energierecht, Vol. 17, Nr. 5, S. 475-482.*
- KStG: Körperschaftsteuergesetz in der Fassung vom 15.10.2002 (BGBl. I S. 4144), zuletzt geändert durch Gesetz vom 01.04.2015 (BGBl. I S. 434).*
- LSV-E: Verordnungsentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie vom 09.01.2015: "Verordnung über technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile (Ladesäulenverordnung – LSV)".*
- Luchmann, I.; Szabo, N. (2013): Electric mobility and its target groups. Im Auftrag der Rostocker Straßenbahn AG. Abrufbar unter <http://www.elmos-project.eu>.*
- Mitsubishi (2014): Japan Automakers Advance Electric Charging Infrastructure With New Company, Nippon Charge Service; abgerufen am 10.07.2015 unter: http://www.mitsubishi-motors.cublish/pressrelease_en/corporate/2014/news/detaile530.html.*
- NAV: Verordnung über Allgemeine Bedingungen für den Netzanschluss und dessen Nutzung für die Elektrizitätsversorgung in Niederspannung (Niederspannungsanschlussverordnung) vom 01.11.2006 (BGBl. I S. 2477), zuletzt geändert durch Gesetz vom 3. 9. 2010 (BGBl. I S. 1261).*
- Nippon Charge Service (2015): Nippon Charge Service; abgerufen am 10.07.2015 unter: <http://www.nippon-juden.co.jp>.*
- NPE – Nationale Plattform Elektromobilität (2014): Fortschrittsbericht 2014 – Bilanz der Marktvorbereitung der Nationalen Plattform Elektromobilität (Vierter Bericht). Berlin.*
- Peters, A.; Dütschke, E. (2010): Zur Nutzerakzeptanz von Elektromobilität. Analyse aus Expertensicht, Auftragnehmer: Fraunhofer ISI Karlsruhe.*
- PTV AG; TCI Röhling (2009): Gesamtverkehrsprognose 2025 für die Länder Berlin und Brandenburg. Ergebnisse. Abschlussbericht, Berlin.*
- Reinke, J. (2014): Bereitstellung öffentlicher Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge – Eine institutionenökonomische Analyse; Dissertationsschrift, abgerufen am 05.07.2015 unter: http://opus4.kobv.de/opus4-tuberlin/files/5609/reinke_justus.pdf.*
- Richtlinie 2014/94/EU vom 22.10.2014 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (L 307/1).*
- Rodi, M. / Hartwig, M. (2014): Elektromobilität in der Tiefgarage. In: Zeitschrift für Umweltrecht, Nr. 11 (2014), S. 592-600.*

- RWE Effizienz GmbH (2015): *Günstig einkaufen – kostenlos Strom tanken*; abgerufen am 10.07.2015 unter: <http://www.rwe.com/web/cms/de/250036/rwe-effizienz-gmbh/presse-news/pressemeldung/?pmid=4013338>.
- Schönewolf, W. (2012): *Wirtschaftsverkehr und Elektromobilität. ...wie wir Berlin-Brandenburg zur Leitmetropole der Elektromobilität machen wollen*. Vortrag beim 3. Kongress des Schweizer Forum Elektromobilität vom Fraunhofer IPK, Luzern.
- Schröter, V. (2014): *Stecker, Ladesysteme, Normen: Standardisierung der Ladeschnittstelle für Elektrofahrzeuge*. In: Korthauer, R. (Hrsg.): *Handbuch Elektromobilität 2014*; 1. Auflage, Frankfurt, S. 189-197.
- Sierzchula, W. / Bakker, S. / Maat, K. / van Wee, B. (2014): *The Influence of Financial Incentives and other Socio-Economic Factors on Electric Vehicle Adoption*. In: *Energy Policy*, Vol. 68, S. 183-194.
- StromStG: *Stromsteuergesetz vom 24.03.1999 (BGBl. I S. 378; 2000 I S. 147)*, zuletzt geändert durch Gesetz vom 05.12.2012 (BGBl. I S. 2436, 2725).
- StromStV: *Verordnung zur Durchführung des Stromsteuergesetzes (Stromsteuer-Durchführungsverordnung) vom 31.05.2000 (BGBl. I S. 794)*, zuletzt geändert durch Verordnung vom 24.07.2013 (BGBl. I S. 2763).
- Theobald, C. (2007): *§ 3 EnWG (Stand Jan. 2007)*. In: Danner, W. / Theobald, C. (Hrsg.): *Energierrecht (Loseblatt, Stand 84. EL April 2015)*.
- UStG: *Umsatzsteuergesetz in der Fassung vom 21.02.2005 (BGBl. I S. 386)*, zuletzt geändert durch Gesetz vom 22.12.2014 (BGBl. I S. 2417).
- Weis, E. (2014): *E-Mobility: Energierechtliche Modellierung einer integrationsfähigen IKT-Infrastruktur für öffentliche Ladestationen*; 1. Auflage, Baden-Baden.
- Wickert, M. / Gerhard, N. / Trost, T. / Prior, J. / Cacilo, A. / Hartwig, M. / Reinhardt, A. / Münzing, H. (2014): *Wissenschaftliche Unterstützung bei der Erstellung von Fahrzeugbezogenen Analysen zur Netzintegration von Elektrofahrzeugen unter Nutzung erneuerbarer Energien*. Endbericht zum Vorhaben FKZ UM 1196107.
- Wietschel, M.; Dütschke E. et al. 2012 (2012): *Kaufpotenzial für Elektrofahrzeuge bei sogenannten „Early Adopters“*. Endbericht, Auftragnehmer: IREES GmbH, Fraunhofer ISI Karlsruhe.

5 AP 500 – Nutzerverhalten

5.1 Beschreibung des Arbeitspakets

Die Kernpunkte dieses Arbeitspaketes bezogen sich zum einen auf die Beschreibung des Nutzerverhaltens von aktiven Elektrofahrzeughaltern (durch die eSmart-Flotte), zum anderen richteten sich Teilaspekte dieser Forschungsgebiete auch auf eine gesamtgesellschaftliche Beschreibung der Akzeptanz und Nutzungsintention von Elektrofahrzeugen. Grundsätzlich unterlag die Forschung stets der Prämisse, dass ein Markterfolg von Produktinnovationen nicht allein durch den Produktverkauf determiniert wird, sondern primär durch die tatsächliche Nutzung der Produkte durch die Nachfrager bestimmt wird. Daher widmete sich der Lehrstuhl für Marketing der Universität Siegen innerhalb des eMERGE-Projekts im Rahmen der damit verbundenen Arbeitspakete drei übergeordneten, größeren Themenfeldern, die mit verschiedenen repräsentativen Studien bearbeitet wurden.

Zum einen wurden Nutzersegmente definiert, die sich hinsichtlich der Gründe und Motivation für oder gegen eine Nutzung von Elektrofahrzeugen trennscharf beschreiben ließen. Hierbei standen insbesondere verhaltensrelevante Konstrukte im Fokus, wie zum Beispiel das Vorwissen über Elektromobilität, die allgemeine Technologieaffinität sowie das individuelle Umweltverhalten. Diese Analyse diente dazu, Empfehlungen für die zielgruppen-spezifische Anpassung von Kommunikationsmaßnahmen abzuleiten und Empfehlungen in Bezug auf die unterschiedlichen Geschäftsmodelle bzw. Tarifoptionen auszusprechen.

Weiterhin wurde in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern eine Conjoint-Studie zur Bestimmung der Fahrzeugpräferenzen erarbeitet. Hierbei sollte insbesondere ermittelt werden, welche Nutzenbeiträge bestimmte Fahrzeugeigenschaften für den Konsumenten liefern. Bei einer direkten Befragung, welche Präferenzen und Vorstellungen zu Produkten, im Rahmen dieser Studie zu Elektroautomobilen, ein Proband hat, neigen die Befragten in der Regel dazu, immer ein „Optimum“ anzugeben, wie zum Beispiel einen minimalen Preis, höchste Leistung, beste Reichweite etc. Innerhalb des Conjoint-Designs wurden den Befragten hingegen komplette Fahrzeugtypen mit unterschiedlichen Merkmalen präsentiert. Die Befragten sollten schließlich angeben, welches Fahrzeug aus einem präsentierten Auswahl-Set ihren Bedürfnissen am ehesten gerecht werden würde. Rückwirkend lässt sich auf diese Weise ableiten, wann und in welchem Ausmaß Probanden bereit sind, Kompromisse einzugehen, also zum Beispiel eine geringere Reichweite in Kauf zu nehmen, wenn dafür der Wagen verhältnismäßig günstig in der Anschaffung ist. Diese Ergebnisse ermöglichen es, Automobilherstellern die potentielle Nachfrage eines Neuwagens bereits im Vorfeld besser abzuschätzen. Gleichzeitig geben sie aber auch Stromlieferanten wertvolle Informationen bezüglich der noch tolerierbaren Ladezeit bei Elektrofahrzeugen.

Weiterhin wurde das Verhalten der eSmart-Flotte genauer über die Laufzeit hinweg untersucht. Hierbei galt es zu ermitteln, welche primären Gründe für die tatsächliche Anschaffung eines solchen Fahrzeuges ausschlaggebend waren und wie sich die Anforderungen und Erwartungen an das Fahrzeug insbesondere im Zeitverlauf veränderten.

5.2 Aufarbeitung bestehender Forschungsliteratur

Anhand von Literatur-, Datenbank- und Internetrecherchen sowie der Aufbereitung wissenschaftlicher Studien wurde zunächst eine Ausgangsbasis für die Ableitung der verschiedenen Forschungsdesigns erarbeitet. Ziel war es, relevante Erkenntnisse insbesondere aus der bisherigen Forschung zum Nutzerverhalten im Kontext der Elektromobilität zu extrahieren.

Zu den allgemeinen Aspekten, welche im Folgenden angesprochen werden, zählen insbesondere die (generelle) Wahrnehmung der Elektromobilität seitens der Verbraucher, deren Einstellung sowie Kauf- und Nutzungsabsichten. Diese Konstrukte wurden in vorhergehenden Studien sowohl durch „stated preferences“-Studien als auch in Feldstudien untersucht.

Dabei zeigte sich ein grundlegender Wandel in der Wahrnehmung von Elektroautos in der Gesellschaft. Wurden Elektrofahrzeuge früher oftmals als klein, nur bedingt alltagstauglich oder als „typisches“ Stadtauto angesehen, so werden sie aktuell als Konkurrenz zu konventionellen Fahrzeugen wahrgenommen (BernsteinResearch 2011). Dies führte aber auch dazu, dass Verbraucher Elektrofahrzeuge mit herkömmlichen Automobilen vergleichen (Truffer/Harms/Wächter 2000; Dagsvik et al. 2002; Peters/Dütschke 2010). Allgemein haben sowohl Nutzer als auch Nicht-Nutzer eine positive Einstellung gegenüber der Elektromobilität. So zeigten beispielsweise zwei öffentlich geförderte Studien, dass ein großer Mehranteil aller Neuwagenkäufer dem Elektroantrieb positiv gegenüber eingestellt sind (Kolke/Gärtner 2010; Peters/Hoffmann 2011). Aber auch Feldstudien konnten die positive Einstellung gegenüber Elektromobilität bestätigen (Cocron et al. 2011). Durch die Feldstudien konnte sogar gezeigt werden, dass durch die Nutzung von Elektrofahrzeugen die Einstellung gesteigert werden kann und auch die Zufriedenheit steigert (Krems et al. 2011; Schäfer et al. 2011). So konnten beispielsweise Egbue und Long (2012) einen signifikanten Zusammenhang zwischen Erfahrungen mit Elektrofahrzeugen und deren positiver Wahrnehmung vorzeigen (Egbue/Long 2012).

Neben der Einstellung gegenüber Elektromobilität sind die Kauf- und Nutzungsabsicht wesentliche Indikatoren für deren Akzeptanz. Hier ist es jedoch nicht möglich, auf Basis der bisherigen Forschung eine allgemeingültige Aussage über die Höhe der Kaufabsicht zu treffen, da diese je nach Studie stark schwankt. Festzuhalten ist jedoch, dass es eine gewisse Kaufbereitschaft unter den Verbrauchern gibt. Dies zeigen bspw. die Ergebnisse aus den Modellregionen in Deutschland (Dütschke et al. 2011) und weiteren Feldstudien (Krems et al. 2011).

Der vorhandenen Kaufabsicht steht jedoch die kaum existente Aufpreisbereitschaft gegenüber (Krems et al. 2011). Zwar ist eine geringe Bereitschaft, für Elektrofahrzeuge mehr zu zahlen als für konventionelle Fahrzeuge, vorhanden (Kurani/Turrentine/Sperling 1994), jedoch ist dieser Mehrbetrag wesentlich geringer als die tatsächliche preisliche Differenz zwischen einem Elektroauto und dem entsprechenden Modell mit konventionellem Antrieb, die auf dem Markt besteht. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Verbraucher zwar bereit wären, Elektrofahrzeuge zu kaufen, jedoch nicht zu den angebotenen Anschaffungspreisen. Diese These wird auch dadurch bestätigt, dass der Anschaffungspreis allgemein als deutliches Hemmnis angesehen wird, Elektroautos zu kaufen oder zu nutzen. Außerdem beurteilen auch Experten das aktuelle Angebot an serienreifen Elektromodellen als „mangelhaft“ (Peters/Dütschke 2010). Es lässt sich somit eine klare Diskrepanz zwischen dem aktuellen Angebot an Elektrofahrzeugen und der Nachfrage feststellen.

Weiterhin zeigen unterschiedliche Studien, dass seit Beginn an unter den Verbrauchern ein großes Wissens- und Informationsdefizit bzgl. Elektromobilität herrscht (Turrentine/Kurani 1995), das auch heute noch vorherrschend ist. Dies wird sowohl in qualitativen als auch in quantitativen Studien betont. Zwar wird der Wissensstand, der bei den in Feldstudien beteiligten Probanden vorherrscht, oftmals als sehr hoch angegeben, jedoch ist dies durch die Vorkenntnisse der in der Regel sehr motivierten Teilnehmer zu erklären ist. Ein „Massenmarkt“ wünscht sich mehr Information zu und über Elektromobilität (Roland Berger Strategy Consultants 2010). Dies ist insofern beachtenswert, als dass Peters et al. (2011) zeigen konnten, dass der Wissensstand stark mit der Einstellung und Kaufabsicht korreliert. Je mehr ein Verbraucher über Elektromobilität weiß, desto interessierter ist er an der Nutzung eines solchen Fahrzeuges und desto positiver beurteilt er Elektrofahrzeuge (Peters et al. 2011). Truffer, Harms und Wächter (2000) zeigen zudem, dass auch unter Erstnutzern von Elektrofahrzeugen – trotz hoher Wissens einschätzung – hohe Unsi-

cherheiten bzgl. des genutzten Fahrzeugs bestehen. So könnten bspw. Folgekosten, die Zuverlässigkeit eines Elektroautos oder das Feedback des sozialen Umfelds nur schwer abgeschätzt werden (Truffer/Harms/Wächter 2000). Deffner et al. (2012) konnten allerdings neben derartigen anfänglichen Unsicherheiten der Nutzer ein sehr positives soziales Feedback aufzeigen. Mehrere Nutzer berichteten in ihrer Studie, dass sowohl Arbeitskollegen, Familienmitglieder, Freunde sowie Fremde positiv auf das Elektroauto reagierten und hohes Interesse zeigten. Es wurde sogar von einem gewissen „Show-Effekt“ gesprochen, was insbesondere im Hinblick der Bedeutung des Autos als Statussymbol interessant ist (Deffner et al. 2012). Die Relevanz von Testmöglichkeiten als Voraussetzung für die Steigerung der Nutzungs- und Kaufabsicht arbeiten auch Ozaki und Sevastyanova (2011) heraus. Sie zeigen, dass vorausgehende Erfahrungen mit Elektrofahrzeugen, ob persönlich oder von Bekannten, die Wahrnehmung dieser wesentlich verbessern (Ozaki/Sevastyanova 2011).

Sowohl Erstnutzer - auch Early Adopter genannt - als auch die breite Masse an Verbrauchern nehmen Elektrofahrzeuge allerdings eher als Zweit- bzw. Stadtwagen wahr (Knie et al. 1997; Krems et al. 2011). Dies veranschaulichen Turrentine, Kurani und Sperling in ihrer These der hybrid households. Diese besagt, dass ein Elektroauto nur in Kombination mit einem konventionellen Automobil in einem Haushalt genutzt wird (Kurani/Turrentine/Sperling 1994). Wenngleich dies sich insbesondere in den sehr frühen Studien zur Elektromobilität zeigt, gilt diese Einschätzung auch heute noch für einen großen Teil der Verbraucher, die Elektroautos nur als Ergänzungs- aber nicht als Hauptfahrzeug ansehen (Peters/ Hoffmann 2011).

Neben der schon genannten positiven Einstellung gegenüber Elektromobilität weisen Early Adopter weitere gemeinsame Verhaltens- und Denkweisen auf. Dazu zählen insbesondere die Begeisterung und das Interesse an Technologien und Technik sowie das hohe Umweltbewusstsein (Knie et al. 1997; Truffer/Harms/Wächter 2000; Peters/Dütschke 2010; Hidrue et al. 2011; Krems et al. 2011; Wietschel et al. 2011). Early Adopter sind offen für neue Technologien und es reizt sie, diese auszuprobieren. Oftmals arbeiten beispielsweise die Teilnehmer von Feldstudien zur Elektromobilität sogar in technikbezogenen Berufen (Peters et al. 2011). So gaben beispielsweise freiwillige Teilnehmer einer Feldstudie an, ihre Motivation beruhe darauf, die Technologie verbessern zu wollen (Krems et al. 2011). Außerdem sind sie besorgt über aktuelle Umweltentwicklungen und verhalten sich umweltbewusster als andere. Gordon und Sargöllu (2000) konnten einen signifikanten Einfluss der Umwelt- und Technikeinstellungen auf die Wahl des Fahrzeugantriebs feststellen: Umweltbewusstere und technikbegeisterte Probanden wählten eher ein Elektrofahrzeug als andere (Ewing/Sargöllu 2000).

Weiterhin weisen Teilnehmer an Feldstudien eine Tendenz zu multimodalem Mobilitätsverhalten auf. Peters und Hoffmann (2011) konnten zeigen, dass Verbraucher mit multimodalem Mobilitätsverhalten, d.h. der kombinierten Nutzung mehrerer unterschiedlicher Fortbewegungsmittel, eher zur Nutzung und zum Kauf eines Elektroautos tendieren. Das Elektrofahrzeug stellt für sie eine weitere Möglichkeit dar, die eigene Flexibilität und Individualität zu erhöhen (Peters/Hoffmann 2011). Außerdem beschreiben Knie et al. (1999) Erstnutzer von Elektrofahrzeugen als rationale Menschen, die ein Auto nur als Fortbewegungsmittel und nicht als Statussymbol ansehen (Knie et al. 1999). Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Early Adopter umweltbewusst, technikaffin und oftmals multimodal mobil sind.

5.3 Segmentierung der Kundencluster

Zur Analyse weiterer Kundencluster wurde eine Studie basierend auf der Theory of Reasoned Action und der Innovation Diffusion Theory durchgeführt. Die Identifizierung von Nutzersegmenten ist im Hinblick auf mehrere Aspekte von entscheidender Bedeutung: Erstens können durch die Identifizierung von Nutzersegmenten zielgerichtete Marktpotenziale für eine Innovation erkannt werden, zweitens können auf Basis der Nutzersegmente zielgerichtete Marketing-Strategien entwickelt werden, um unterschiedliche

Zielgruppen möglichst effektiv anzusprechen, und drittens ist es insbesondere auf diese Weise möglich, die Akzeptanz einer Innovation zu prognostizieren (Bass 1969; Mahajan/Muller 1979). Somit ist es von großer Relevanz, die verschiedenen Zielgruppen, welche eine Innovation zu unterschiedlichen Zeitpunkten adoptieren, zu kennen, um Strategien zur zielgerichteten Ansprache dieser Zielgruppen entwickeln zu können. Die von Fishbein und Ajzen (1975) entwickelte Theory of Reasoned Action (TRA) ist eine intensiv diskutierte Theorie und ein Modell, welches in der Praxis zur Vorhersage der Verhaltensabsicht eingesetzt wird. Ganz allgemein beschrieben, ist das Modell entwickelt worden, um das menschliche Verhalten vorherzusehen (Fishbein/Ajzen 1980). Die grundlegende Annahme des Modells besteht darin, dass sie davon ausgeht, dass das Verhalten durch die Verhaltensabsicht determiniert ist und diese wiederum durch die Einstellung und die soziale Norm bei Privatpersonen beeinflusst wird (Davis/Bagozzi/Warshaw 1989).



Abb. 38: Modell Theory of Reasoned Action (TRA)

Dabei wird die Einstellung, also „the individual’s positive oder negative feeling [...]“ (Fishbein/Ajzen 1975), durch die Wahrnehmungen und Überzeugungen über die Konsequenzen des Verhaltens geprägt. Auf der anderen Seite spiegelt die subjektive Norm „the person’s perception that most people who are important to him think he should not perform the behavior“ (Fishbein/Ajzen 1975) wieder und gibt somit Aufschluss über die Meinungen des sozialen Umfelds.

Darüber hinaus ist eines der grundlegendsten und bekanntesten Modelle bzgl. der Adoption bzw. Diffusion von Innovationen das von Rogers im Jahre 1962 erstmalig veröffentlichte Modell zur „Diffusion of Innovation“. Dieses wurde in einer inhaltlich breit variierenden Anzahl an Studien zur Prognose des Nutzungsverhaltens von Innovationen genutzt (Tornatzky/Klein 1982). Ausgehend von dem Prozess der Adoption kann das hier gezeigte Modell (Abbildung 39) gebildet werden:



Abb. 39: Forschungsmodell ergänzt um Innovation Diffusion Theory

Auf Basis dieses Forschungsmodells wird an dieser Stelle auf die Operationalisierung der einzelnen Konstrukte bzw. der Studie an sich eingegangen. Konstrukte sind latente Variablen, die nicht direkt beobachtbar sind und nur aus anderen, messbaren Sachverhalten erschlossen werden können. Bei der Operationalisierung handelt es sich um die Erfassung und „Messbarmachung“ dieser hypothetischen Konstrukte. Sie hat demnach zum Ziel, Beziehungen zwischen beobachtbaren Variablen (auch als Indikatoren bzw. in Fragebögen als Items bezeichnet) und dem Konstrukt zu spezifizieren, um mit Hilfe dieser Zusammenhänge das Konstrukt empirisch greifbar (und beschreibbar) zu machen. Im Rahmen der Operationalisierung wurden Konstrukte durch multiple Items auf einer 7er-Likert-Skala abgebildet, die mithilfe von Fragebögen erhoben und anschließend statistisch untersucht wurden.

Ziel dieser Teil-Studie (mit einem Sample von 727 Befragten) war zunächst die Identifikation von einzelnen Nutzergruppen von Elektroautos. Dazu wurde mittels einer Clusteranalyse, der meist genutzten Methode zur Marktsegmentierung, der Datensatz in homogene Gruppen unterteilt, die untereinander jedoch heterogen sind. Die Güte der Clusterung wurde mittels Varianz- sowie Diskriminanzanalysen überprüft. Im Hinblick auf die Akzeptanz von Elektroautos konnten drei Cluster trennscharf identifiziert werden, welche im Folgenden näher beschrieben werden sollen. Besonders hervorzuheben sind an dieser Stelle drei Aspekte:

1. Erstens, werden Elektroautos von allen drei Gruppen als „einfach zu nutzen“ wahrgenommen. Damit widersprechen diese Ergebnisse den in der Literatur genannten Barrieren, wie etwa Probleme mit dem Ladekabel.
2. Auf der anderen Seite wird die Sichtbarkeit von Elektroautos als relativ schlecht beurteilt, was jedoch aufgrund der geringen Zulassungszahlen nicht verwunderlich erscheint.
3. Darüber hinaus, und dies ist für die Diffusion der Elektrofahrzeuge ein kritischer Aspekt, wird die soziale Norm, d.h. der Einfluss der Gesellschaft ein Elektroauto zu nutzen, als sehr gering wahrgenommen. Dies zeigt, dass Elektroautos als nicht relevant angesehen werden und bestätigt die geringen Zulassungszahlen. Weiterhin ist dieser Aspekt besonders bemerkenswert, da ein höherer sozialer Druck als Multiplikator für die Akzeptanz wirken könnte.

Betrachtet man die einzelnen Cluster, die identifiziert werden konnten, zeigen sich die folgenden Charakteristika der einzelnen Gruppen, die als unterschiedliche Zielgruppen im Rahmen der Elektromobilität eingestuft werden können.

- **Cluster 1: Potenzielle Käufer (19,07 % aller Befragten)**

Überträgt man die Idee von Rogers Einteilung der Adopter auf das vorliegende Beispiel, so lässt sich Cluster 1 als Innovators oder Early Adopter bezeichnen. Diese Gruppe hat die größte Kaufabsicht im Vergleich zu den anderen Clustern und zeigt weitere Indikatoren, die für eine Akzeptanz von Elektroautos sprechen: Die in dieser Gruppe identifizierten Probanden verhalten sich umweltfreundlicher, sind innovativ und schätzen ihr Wissen bzgl. Elektromobilität als sehr hoch ein. Insbesondere der Unterschied in der Einschätzung des Wissens ist sehr groß. Nur Cluster 1 schätzt den eigenen Wissenstand bzgl. Elektromobilität als positiv ein. Sowohl Cluster 2 als auch Cluster 3 bewerten ihren eigenen Kenntnisstand als defizitär und verbesserungswürdig. Interessanterweise sind fast 81 % der Personen in Cluster 1 männlich. Cluster 2 und 3 sind hingegen in Bezug auf das Geschlecht relativ ausgeglichen.

- **Cluster 2: Die Unentschlossenen (38,66 % aller Befragten)**

Zwar ist die Einstellung der Probanden des Clusters 2 gegenüber der Elektromobilität sehr positiv, sogar positiver als die von Cluster 1, und zu Cluster 2 gehörende Personen verhalten sich ebenfalls (sehr) umweltfreundlich, doch sind sie insgesamt deutlich weniger interessiert an der Thematik der Elektromobilität. Weiterhin zeigt sich, dass es große Unterschiede zwischen den Einkommen der einzelnen Cluster gibt. So ist das Einkommen von Cluster 2 signifikant geringer als das der anderen beiden Nutzergruppen. Dies ist eine mögliche Erklärung für die geringe Kaufabsicht in dieser Gruppe, da der Kaufpreis von Elektroautos aktuell noch deutlich über vergleichbaren konventionellen Fahrzeugen liegt. Es scheint, als ob Cluster 2 zwar eine grundlegend positive Einstellung gegenüber Elektromobilität besitzt, jedoch einige kritische Punkte, wie insbesondere das geringe Wissen oder der Kaufpreis, sie von einer Anschaffung bzw. Nutzung abhalten. Allerdings handelt es sich hierbei um eine potentielle Nutzerschicht von Carsharing- Angeboten.

- **Cluster 3: Autoliebhaber mit Benzin im Blut (42,27 % aller Befragten)**

Die größte Nutzergruppe stellt Cluster 3 dar. Sie spiegelt die Late Majority bzw. Laggards wider und lehnt Elektroautos ab. Die Kaufabsicht ist sehr gering, ebenso wie die Einstellung gegenüber der Elektromobilität. Besonders auffällig hierbei ist, dass Personen dieser Nutzergruppe das Elektroauto, verglichen mit anderen Fahrzeugtypen, als nachteilig wahrnehmen. Da der relative Vorteil einer Innovation als zentraler Faktor für deren Verbreitung angesehen wird, ist dies von besonders hoher Bedeutung für die Diffusion von Elektrofahrzeugen: Insgesamt beurteilt Cluster 3 die Eigenschaften von Elektroautos relativ negativ.

5.4 Ermittlung der Nutzenbeiträge der Fahrzeugeigenschaften

In der zweiten größeren Studie war es das Ziel, anhand eines Conjoint-Designs zu untersuchen, welchen Nutzenbeitrag alternative Optionen von Fahrzeugmerkmalen für den Kunden bieten, sowie Trade-offs zwischen den Charakteristika von Elektroautos herauszufiltern.

Um diese Fragen beantworten zu können, war es notwendig, zunächst zu analysieren, welche Produktmerkmale überhaupt als relevant für einen Kaufakt angesehen werden. In einer zwei-stufigen Analyse mit 175 und 132 Teilnehmern wurde die subjektiv wahrgenommene Wichtigkeit von alternativen Fahrzeugmerkmalen beim Kaufentscheidungsprozess auf einer 7-Punkte-Skala (1 = irrelevant; 7 = höchstrelevant) beurteilt. Dabei zeigte sich, dass kostenorientierte Faktoren (insbesondere die Kraftstoffkosten und der Anschaffungspreis der Fahrzeuge) zunächst die relevantesten Entscheidungskriterien sind, gefolgt von Usability-Anforderungen wie der Antriebsart, Reichweite und Lade- bzw. Tankdauer. Weitere relevante Merkmale, die bei der Anschaffung eines Neuwagens von Bedeutung sind, jedoch insgesamt bei einer allgemeinen Bewertung eine untergeordnete Rolle spielen, sind die Leasingrate, die Marke, Designaspekte oder Sonderausstattungen.

In einem weiteren Schritt wurde unter Anwendung einer Conjoint-Analyse (Choice-based Conjoint Analyse) untersucht, in welchen Trade-off-Verhältnissen die jeweiligen Merkmale zueinanderstehen. Bei der Conjoint-Analyse wurden den Probanden jeweils unterschiedliche „Gesamtpakete“ von Automobilen gezeigt, die durch Merkmalskombinationen der jeweiligen kaufrelevanten Produkteigenschaften beschrieben wurden. Den Probanden wurden innerhalb dieser Studie mehrfach drei unterschiedliche Fahrzeuge mit verschiedenen Merkmalsausprägungen präsentiert. Sie sollten bei jedem präsentierten Auswahl-Set jeweils aus diesen Alternativen ihr favorisiertes Fahrzeug auswählen. Basierend auf diesen Auswahlentscheidungen lässt sich die Bedeutung der einzelnen Produktmerkmale als sog. Teilnutzenwerte für die Auswahl- bzw. Kaufentscheidung ermitteln. In der folgenden Tabelle sind die in die Studie einbezogenen

Produkteigenschaften und die jeweils verwendeten alternativen Merkmalsausprägungen zusammengefasst.

Produktmerkmal	Ausprägung
Anzahl an Sitzplätzen	2-Sitzer, 4-Sitzer, 5-Sitzer
Preis	12.000 €, 24.000 €, 35.000 €
Leistung	60kW / 82PS, 85kW / 115PS, 132kW / 180PS
Kraftstoffkosten auf 100 km	4 €, 7 €, 10 €
Antriebsart	Elektromotor, Plug-In-Hybridmotor, Verbrennungsmotor
Reichweite	150 km, 250 km, 350 km, 450 km, 550 km
Ladedauer	Wenige Minuten, 30 Minuten, 90 Minuten, 6 Stunden

Tab. 12: Aufstellung der Merkmalsausprägungen für das Conjoint Verfahren

Die technische Implementierung des Fragebogens für die Conjoint-Analyse erfolgte mit der Software Sawtooth. Die Onlineumfrage wurde dabei von 394 Probanden ausgefüllt. Durch einen Hierarchical Bayes Algorithmus konnten die folgenden Teilnutzenwerte ermittelt werden. Diese Werte sind normiert auf einer Skala von -100 bis 100 und geben in Relation zu einander den Nutzenwert der jeweiligen Merkmalsausprägung an.

Anzahl an Sitzplätzen	Ausprägung
Stadtwagen (2-Sitzer)	-46,25
Kleinwagen (4-Sitzer)	16,66
Familienwagen (5-Sitzer)	29,58

Preis	Ausprägung
12.000 €	33,80
24.000 €	7,03
35.000 €	-40,83

Leistung	Ausprägung
60 kW / 82 PS	-22,41
85 kW / 115 PS	-0,61
132 kW / 180 PS	23,02

Antriebsart	Ausprägung
Plug-In-Hybridmotor	-22,31
Elektromotor	12,92
Verbrennungsmotor	9,38

Ladezeit	Ausprägung
Wenige Minuten	34,75
30 Minuten	11,67
1,5 Stunden	-2,21
6 Stunden	-44,21

Reichweite	Ausprägung
150 km	-62,77
250 km	7,17
350 km	12,25
450 km	14,22
550 km	29,13

Tab. 13: Aufstellung der Teilnutzenwerte

Betrachtet man die Ergebnisse im Einzelnen, stellt innerhalb der Kategorie „Sitzplatz“ ein 2-Sitzer ein starkes Nutzungshemmnis mit einem hoch negativen Nutzenwert dar. Im Hinblick auf die Preisgestaltung wird ein Preis von 24.000 € noch als „fair“ wahrgenommen. Aber eine Erhöhung auf 35.000 € führt bereits zu einer sich aufbauenden Abneigung gegenüber dem Fahrzeug. Sowohl bei der Leistung als auch bei den Kraftstoffkosten sind die Nutzenwerte logisch verteilt: Eine hohe Leistung hat hier den höchsten Nutzenwert, ebenso wie die günstigsten Kraftstoffkosten. Bei diesen beiden Merkmalen zeigt sich allerdings, dass die Werte wesentlich dichter beieinanderliegen. Dies ist einerseits ein Signal dafür, dass diese Merkmale den Probanden weniger relevant erscheinen, insbesondere aber ist es aber auch ein Hinweis darauf, dass sie ihre Entscheidung eher von anderen Merkmalen abhängig machen. Bei der Reichweite stellt eine vergleichsweise geringe Reichweite, wie zum Beispiel von 150 Kilometer, ein starkes Nutzungshemmnis dar. Zwischen 250, 350 und 450 Kilometern unterscheiden sich die Werte hingegen kaum. Ein deutlicher Nutzungsanstieg ist erst bei sehr hohen Reichweiten von 550 Kilometer erkennbar. Im Hinblick auf die Ladedauer zeigt sich, dass die Probanden durchaus bereit sind, eine halbe Stunde beim „Auftanken“ ihres Wagens zu warten, bis er wieder vollgeladen ist. Wesentlich länger darf dieser Vorgang allerdings nicht andauern.

Im folgenden Diagramm (Abbildung 40) wird die Wichtigkeit der Kategorien zueinander deutlich. Ausgehend von der Spannweite der Merkmale innerhalb einer Eigenschaftskategorie lassen sich Rückschlüsse auf die Wichtigkeit der gesamten Kategorie ziehen. Wie bereits im Vorfeld erläutert, signalisieren Werte, die dicht beieinander liegen, kaum Unterschiede in der wahrgenommenen Präferenz. In der Kategorie „Antriebsart“ beispielsweise liegt der geringste Nutzenwert beim Hybridmotor mit -22,3 Punkten. In der gleichen Kategorie hat ein Elektromotor hingegen den höchsten Wert von 12,9 Punkten. Damit liegt hier die Spannweite bei 35,2 Punkten. In keiner anderen Kategorie ist die Spannweite so niedrig, weshalb - wie in Abbildung 40 illustriert - diese Kategorie am unwichtigsten bzw. am kleinsten dargestellt wird.

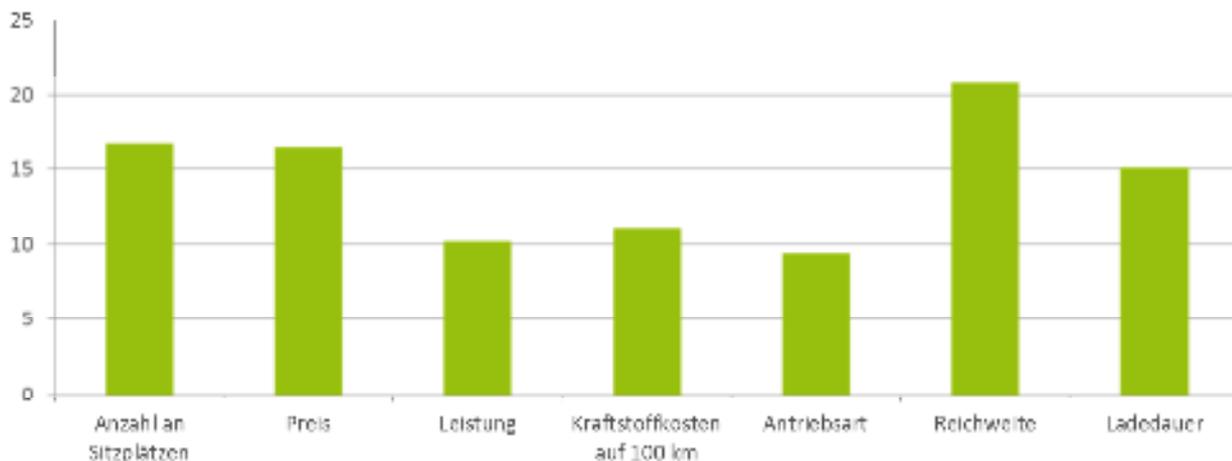


Abb. 40: Aufstellung der Wichtigkeit der Fahrzeugeigenschaften in Prozentangaben

Es zeigt sich, dass für die Befragten die Reichweite das wichtigste Merkmal beim Fahrzeugkauf ist. Dies erklärt bereits zu einem gewissen Anteil die schlechte Marktdiffusion von Elektrofahrzeugen. Konkret tolerieren die meisten Nutzer eine Reichweite unter 500 Kilometer nicht, ohne sich wesentlich eingeschränkt zu fühlen.

Der Preis, die Anzahl an Sitzplätzen sowie die Ladedauer sind ebenfalls wichtige Kaufkriterien. Interessant ist hierbei besonders, dass eine Ladedauer von 30 Minuten – und damit eine deutliche Einschränkung im Vergleich zu der üblichen Tankdauer bei traditionellen Verbrennungsmotoren – von den Nutzern durchaus

toleriert wird. Dies stellt jedoch technisch hohe Anforderungen, denn diese für Elektroautomobile verhältnismäßig kurze Ladedauer ist in der Praxis nur über eine gesonderte und spezifische Ladestation überhaupt realisierbar. Denkbar wäre es somit, dass bei einer höheren Penetrationsrate derartiger Säulen im öffentlichen Raum die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen steigen würde.

Besonders interessant sind aber die Ergebnisse mit Blick auf die Antriebsart: Die Antriebsart als solche ist nach den Ergebnissen dieser Analyse erstaunlicherweise die unwichtigste Kategorie. Hervorzuheben ist dabei zwar, dass ein Elektromotor gegenüber einem Verbrennungsmotor sogar leicht präferiert wird. Jedoch ist dieser Präferenzvorschuss zu gering, als dass er die anderen Einschränkungen, die mit der Elektromobilität einhergehen, rechtfertigen würde. Besonders interessant ist hierbei jedoch der starke negative Wert eines Hybridfahrzeuges. Eine mögliche Interpretation wäre es, dass Kunden, ausgehend von ihrer Umwelteinstellung, zu keiner Kompromisslösung bereit sind und sich entweder klar für ein Elektrofahrzeug aussprechen oder eben ein Verbrennungsfahrzeug auswählen. Eine nicht klar positionierte Zwischenlösung hingegen – nämlich das Hybridfahrzeug – hat mit seinem deutlich negativen Nutzenwert einen negativen Einfluss auf die Wahlentscheidung.

Die Ergebnisse dieser Conjoint-Analyse machen deutlich, dass sich in einer Wahlentscheidung, bei der nicht einzelne entscheidungsrelevante Kategorien separat abgefragt werden, sondern eine Trade-off-Entscheidung gestellt wird, häufig andere Kriterien als tatsächlich entscheidungsrelevant herauskristallisieren. So liefert das hier eingesetzte Conjoint-Verfahren andere Ergebnisse als die direkte Befragung in den Pretests: Bei der direkten Befragung zeigten kostenbasierte Merkmale die höchste Wichtigkeit. Bei dem Conjoint-Verfahren stellte sich jedoch heraus, dass konkrete Produktmerkmale und technische Eigenschaften durchaus entscheidungsrelevanter für die Fahrzeugauswahl sind.

5.5 Erkenntnisse durch die eSmart-Nutzer

Die ermittelten Erkenntnisse bzgl. der Zielgruppen und der jeweiligen Anforderungen an das Fahrzeug konnten durch die Flottennutzer größtenteils validiert werden. Innerhalb des eMERGE Projektes standen die Nutzer der ins Projekt aufgenommen eSmarts, also die eSmart-Fahrer, für regelmäßige Befragungen und themenspezifischen Diskussion zur Verfügung. Auffällig dabei war, dass bei einer deskriptiven Betrachtung die Flottenteilnehmer klar dem ersten der drei ermittelten Cluster zugeordnet werden konnten. 82,24 Prozent der Teilnehmer waren männlich, verfügen über ein überdurchschnittlich hohes Einkommen und zeigten ein hohes Vorwissen sowie eine sehr positive Einstellung zum Thema Elektromobilität.

Innerhalb von halbstandardisierten Tiefeninterviews konnten einige Erkenntnisse der Conjoint-Analyse ebenfalls bestätigt werden. Die Reichweite oder - konkreter formuliert - die eingeschränkte Reichweite insbesondere im Winter war ein häufig genanntes Problem und unterstreicht somit die Wichtigkeit dieses Attributes. Die Ladedauer oder der Preis wurden zwar ebenfalls als wichtig eingestuft, spielten allerdings eine geringe Rolle. Der geringe Verbrauch bzw. die geringen Kraftstoffkosten wurden nur sehr selten positiv erwähnt. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Einsparungen in diesem Bereich keine wesentliche Rolle für den Kauf gespielt haben. Angesichts des hohen Anschaffungspreis amortisiert sich eine derartige Einsparung nach Äußerungen der Flottenteilnehmer nur bedingt. Weitere Äußerungen und Erfahrungen mit dem Fahrzeug werden in der folgenden Darstellung zusammengefasst (dabei waren Mehrfachantworten möglich).

Ausschlaggebender Grund für die Teilnahme an eMERGE?

- | | |
|------------------------------------|----------------------------------|
| ▪ Aus Überzeugung | genannt von 68 % aller Befragten |
| ▪ Um die Forschung zu unterstützen | genannt von 40 % aller Befragten |
| ▪ Finanzieller Zuschuss | genannt von 62 % aller Befragten |

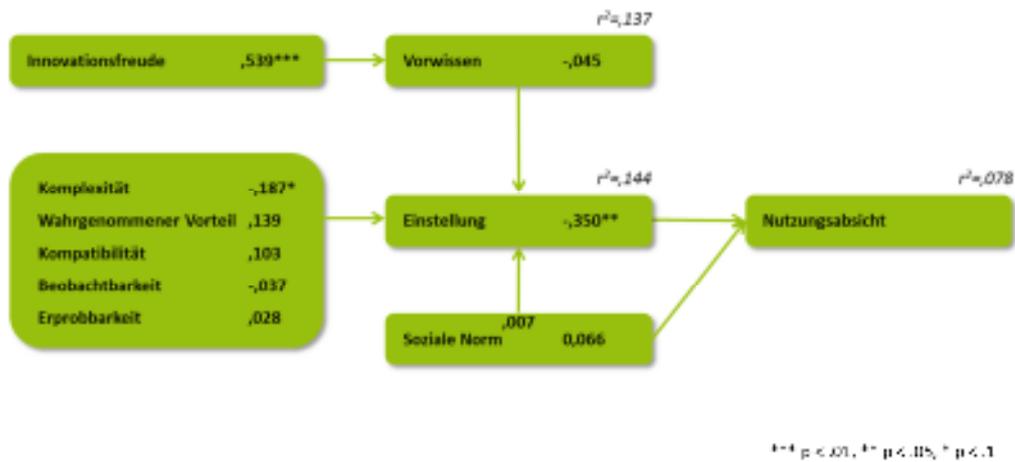


Abb. 41: Befragung der privaten Nutzer (n=57) vor dem Zeitpunkt des Erwerbs

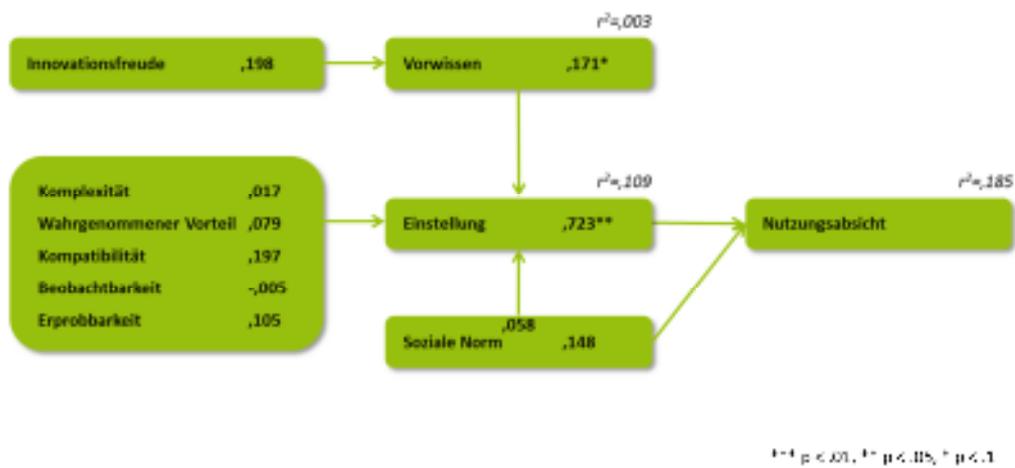


Abb. 42: Befragung der privaten Nutzer (n=41) 4 Monate nach der Anschaffung

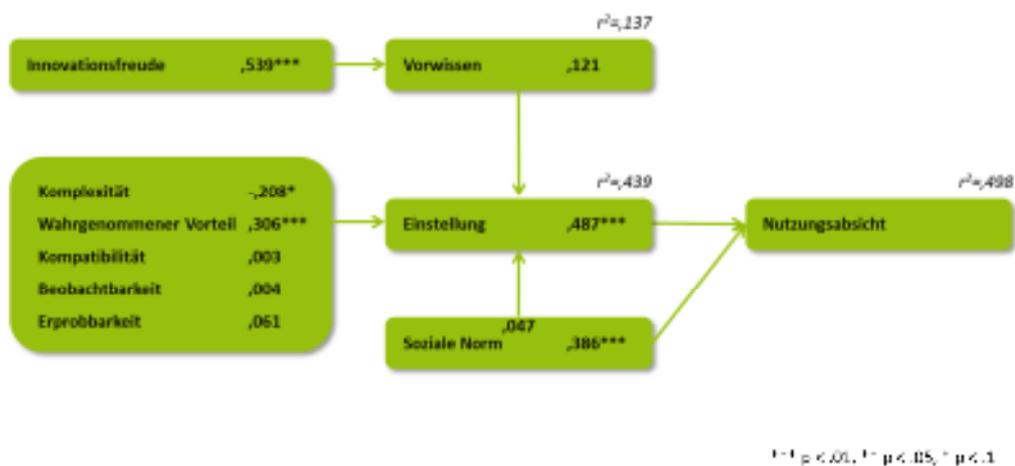


Abb. 43: Befragung der privaten Nutzer (n=48) 6 Monate nach der Anschaffung

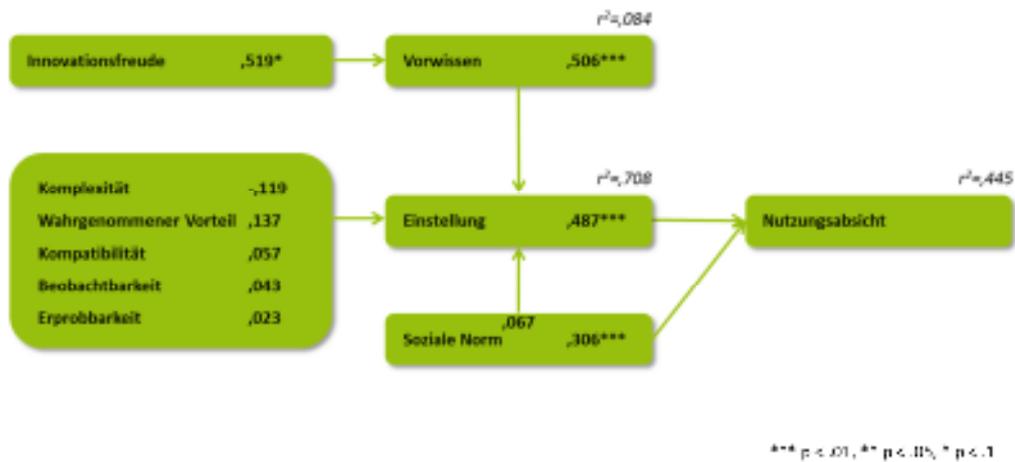


Abb. 44: Befragung der privaten Nutzer (n=32) 8 Monate nach der Anschaffung

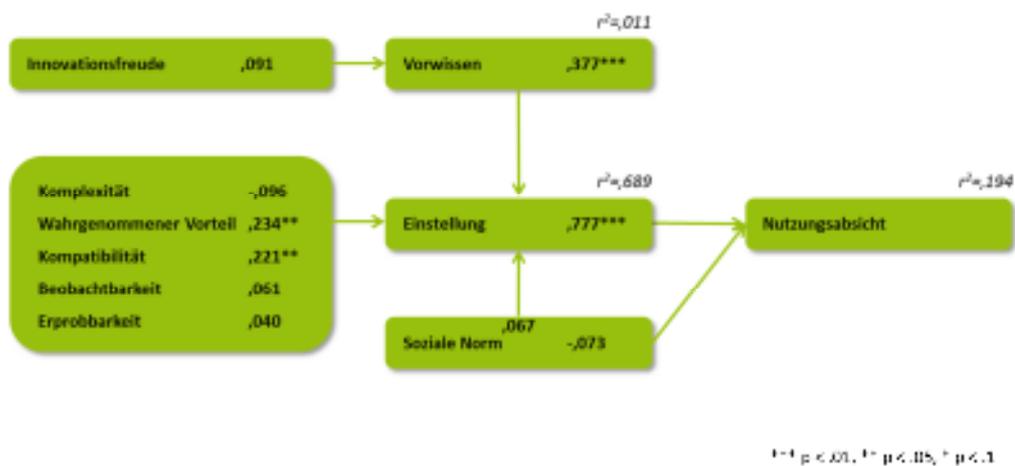


Abb. 45: Befragung der privaten Nutzer (n=40) 10 Monate nach der Anschaffung

Die Analyse zeigt hier, dass insbesondere vor dem Kauf die wahrgenommene Komplexität des Fahrzeuges sich negativ auf die Einstellung gegenüber Elektrofahrzeuge ausgewirkt hat. Zudem lässt sich die Nutzungsabsicht zu diesem Zeitpunkt durch das Modell kaum erklären. Es scheinen hier andere Einflussgrößen vorzuherrschen, die so durch das Modell noch nicht abgebildet werden konnten.

Durch die aktive Nutzung des Fahrzeuges übt das Vorwissen zum Thema Elektromobilität dann jedoch einen erheblichen positiven Einfluss auf die Einstellung und somit auf eine weitere Nutzungsabsicht aus. Die Variablen „Wahrgenommener Vorteil“ und „Kompatibilität“ gewinnen an Bedeutung für die Einstellung. Des Weiteren steigt die Wichtigkeit der Sozialen Norm, die sich ebenfalls direkt positiv auf eine zukünftige Nutzungsabsicht auswirkt.

Als Interpretation der Ergebnisse lässt sich schlussfolgern, dass - wenn die Nutzer erkannt haben, dass der Wagen für die regelmäßigen zu fahrenden Strecken geeignet ist, sich dies sehr stark positiv auf die Einstellung und dadurch indirekt auf die Nutzungsabsicht auswirkt. Zudem scheint es wahrscheinlich, dass sich durch den Kontakt zu den Mitmenschen die Bedeutung der sozialen Norm für die Nutzungsabsicht steigerte. Abschließend gilt es zu erwähnen, dass nach zehn Monaten der Erklärungsanteil der Varianz bei der

Nutzungsabsicht wieder sinkt. Eine Erklärung wäre es, dass nach jenem Zeitraum eine anfängliche Euphorie mit dem Wagen wieder nachlässt und andere Entscheidungsgrößen an Bedeutung gewinnen.

Bei der Analyse der geschäftlichen Nutzer zeigt sich ein ähnliches Bild:

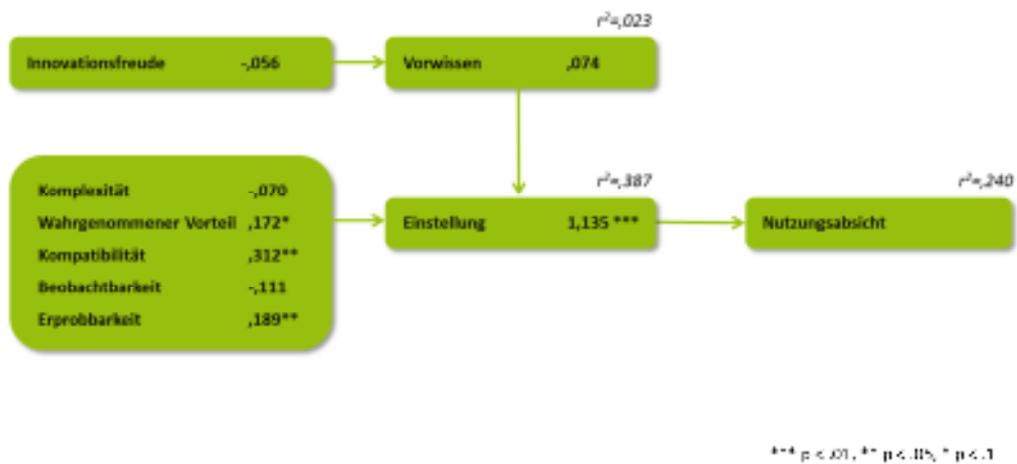


Abb. 46: Befragung der geschäftlichen Nutzer (n=38) vor dem Zeitpunkt des Erwerbs

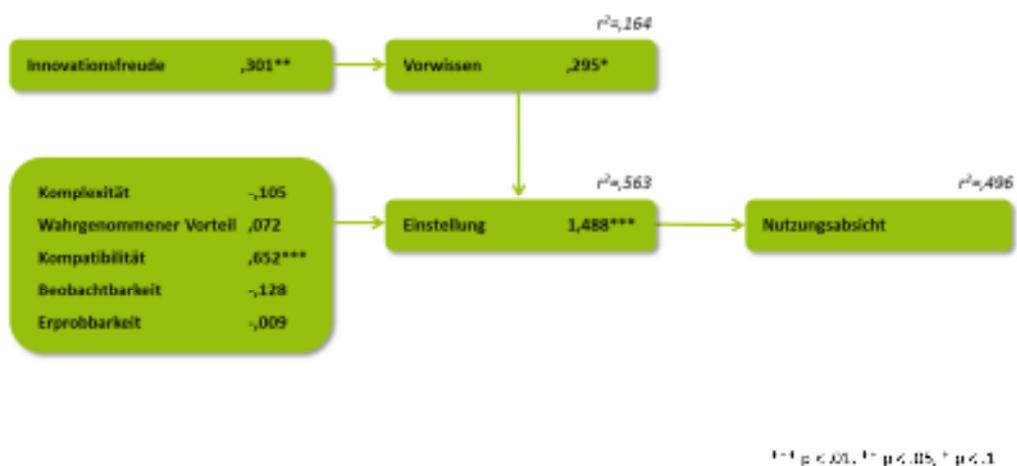


Abb. 47: Befragung der geschäftlichen Nutzer (n=29) 4 Monate nach der Anschaffung

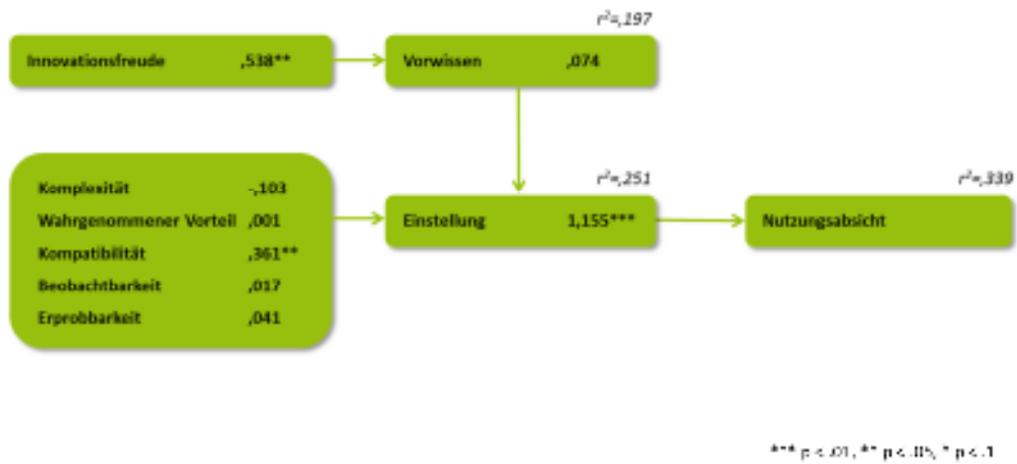


Abb. 48: Befragung der geschäftlichen Nutzer (n=38) 6 Monate nach der Anschaffung



Abb. 49: Befragung der geschäftlichen Nutzer (n=28) 8 Monate nach der Anschaffung

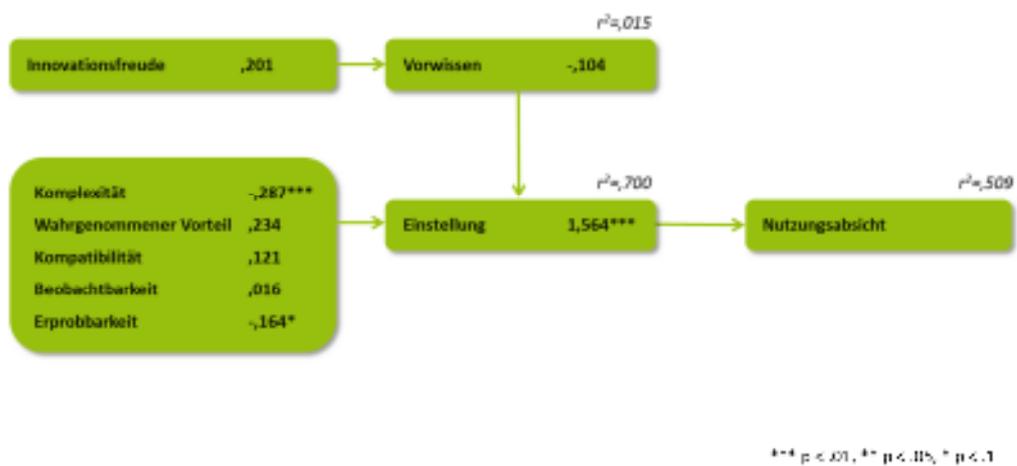


Abb. 50: Befragung der geschäftlichen Nutzer (n=25) 10 Monate nach der Anschaffung

Die soziale Norm wurde an dieser Stelle nicht betrachtet, da dieses Konstrukt per Definition nur für die Erklärung einer privaten Nutzung geeignet ist. Insbesondere vor dem Erwerb des Wagens ist es für Geschäftskunden wichtig, den Wagen ausreichend testen zu können. Die Kompatibilität mit den dienstlich zu erledigenden Fahrten bildet über den Zeitverlauf hinweg eine wichtige Einflussgröße auf die Einstellung gegenüber dem Fahrzeug. Auch der Wahrgenommene Vorteil des Wagens im Gegensatz zu konventionellen Fahrzeugen zeigt teilweise signifikante Effekte.

5.6 Zusammenfassung

Im Folgenden werden die wichtigsten Erkenntnisse der benannten Studien noch einmal zusammengefasst. Aktuell gibt es in Deutschland momentan eine kleine klare Zielgruppe, die ein eFahrzeug gerne nutzt: männliche Personen mit einem überdurchschnittlich hohen Einkommen und überdurchschnittlichem Bildungsgrad und positiven Umweltverhalten. Darüber hinaus existiert gerade unter den Akademikern eine identifizierbare Gruppe junger Leute, die sich ebenfalls für das Thema Elektromobilität und derartige Fahrzeuge sehr interessieren, allerdings nicht über die benötigten finanziellen Ressourcen verfügen. Insbesondere für diese Zielgruppe können allerdings andere Angebote als der Kauf von Elektrofahrzeugen, so z. B. im Bereich des Carsharings oder im Kontext günstiger Leasingverträge, potenzielle neue Nutzer akquirieren. Die Analyse zeigt aber auch, dass es aktuell eine große Gruppe gibt, die sehr deutlich ein konventionelles Verbrennungsfahrzeug präferiert und aktuell mit umweltrelevanten Argumenten oder finanziellen Anreizen (zum Beispiel dem günstigen Verbrauch) sich nicht von den Vorteilen eines eFahrzeuges überzeugen lässt.

Bezüglich der Fahrzeugeigenschaften gibt es ausgehend von den Ergebnissen der durchgeführten Conjoint-Studie bestimmte identifizierbare Grenzwerte, die für einen Massenmarkt toleriert werden würden. Ausgehend von den Ergebnissen sollte ein solches Fahrzeug mindestens 4 Sitzplätze besitzen, circa 85 kW Leistung erbringen, nicht teurer als 27 000 Euro in der Anschaffung sein sowie mindestens 250 Kilometer an Reichweite ermöglichen. Zudem ist eine Ladezeit von bis zu einer Stunde noch tolerierbar bzw. die Probanden könnten eine solche Ladezeit bei einem Zugang zu einer Ladesäule in den Alltag integrieren.

Bezüglich der Analyse im Verlauf der tatsächlichen aktiven Nutzung gibt es insbesondere im Hinblick auf die zukünftige Kommunikation wichtige Schlussfolgerungen. So genügt es nicht, Möglichkeiten für eine Probefahrt zu schaffen, um die Akzeptanz und die Bereitschaft zum Kauf von Elektroautomobilen zu steigern. Oftmals sind sich potenzielle Käufer darüber gar nicht bewusst, wie sie einen solchen Wagen testen könnten bzw. ziehen sie es auch gar nicht erst in Erwägung. Dies bedeutet, dass ein Kontakt mit eFahrzeugen und Neukunden sollte aktiv geschaffen werden, so z. B. auf Messen oder öffentlichen Plätzen. Zudem sind häufigere Kontakte erforderlich, da ein einmaliger und kurzzeitiger Kontakt sich als nicht ausreichend zeigen. Wenn dann aber die Neukunden den Wagen erst einmal fahren, so sind sie zwar anfangs begeistert, allerdings überwiegt hier die Bedeutung der Kompatibilität mit dem Alltag. Das heißt, dass selbst dann, wenn ein Proband den Erwerb eines Fahrzeuges in Betracht zieht, es für ihn in ganz wesentlicher Form entscheidend ist, dass er insbesondere den Ladevorgang in seinen bestehenden Alltag integrieren kann und natürlich dass der Wagen dann die täglich zu fahrenden Strecken auch zu meistern in der Lage ist.

Der finanzielle Vorteil bei steuerlichen Subventionen oder die geringen Kraftstoffkosten sind hingegen kein nachhaltiges Kaufargument. Zum einen sind sich Kunden sich dessen fast nie bewusst, zum anderen schreckt der anfängliche Anschaffungspreis dafür immer noch zu stark ab, da er in wesentlichem Ausmaß höher ist als der Preis konventioneller Automobile. Ebenso zeigen sich die aktiven Nutzer nicht durch ein primär positives Umweltverhalten aus. Soziale Anerkennung, Prestige und eine allgemeine Technikaffinität sind hier für eine positive Einstellung und Nutzungsabsicht interessanterweise entscheidender.

5.7 Literatur

- Bass, Frank M. (1969), "A New Product Growth Model for Consumer Durables," *Management Science*, 15 (January), 215-27.
- BernsteinResearch (2011): *Is Reality Bursting the Electric Dream? Consumer Acceptance Issues*, in Bernstein Global Wealth Management (Hrsg.): *Bernstein Black Book – Global Autos: Don't believe the hype – Analyzing the costs & potentials of fuel-efficient technology*, New York, S.65-74.
- Cocron, P./Neumann, I./Franke, T./Krems, J./Schwalm, M./Keinath, A. (2011): *Methods of evaluating electric vehicles from a user's perspective. The MINI E field trial in Berlin*, in: *IET Intelligent Transport Systems*, 5. Jg., NR. 2, S. 127–133.
- Dagsvik, J. K./Wennemo, T./Wetterwald, D. G./Aaberge, R. (2002): *Potential demand for alternative fuel vehicles*, in: *Transportation Research Part B: Methodological*, 36. Jg., Nr. 4, S. 361–384.
- Deffner, J./Birzle-Harder, B./Hefter, T./Götz, K. (2012): *Elektrofahrzeuge in betrieblichen Fahrzeugflotten - Akzeptanz, Attraktivität und Nutzungsverhalten. Ergebnisbericht im Rahmen des Projekts Future Fleet*. Frankfurt am Main. ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung.
- Dütschke, E./Schneider, U./Sauer, A./Wietschel, M./Hoffmann, J./Domke, S. (2011): *Roadmap zur Kundenakzeptanz – Zentrale Ergebnisse der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung in den Modellregionen*, in: *Schriftenreihe des Fraunhofer ISI*, Nr.3.
- Egbue, O./Long, S. (2012): *Barriers to widespread adoption of electric vehicles: An analysis of consumer attitudes and perceptions*. In: *Energy Policy*, Jg. 48, S.717-729.
- Ewing, G./Sargöllü, E. (2000): *Assessing Consumer Preferences for Clean-Fuel Vehicles: A Discrete Choice Experiment*, in: *Journal of Public Policy & Marketing*, 19. Jg., Nr. 1, S. 106-118.
- Fishbein, M./Ajzen, I. (1975), "Belief, Attitude, Decision and Behavior: An Introduction to Theory and Research," Reading: Addison-Wesley.
- Hidrué, M. K./Parsons, G. R./Kempton, W./Gardner, M. P. (2011): *Willingness to pay for electric vehicles and their attributes*, in: *Resource and Energy Economics*. 33. Jg., Nr. 3, S. 686-705.
- Knie, A./Berthold, O./Hard, M./Buland, T./Gjoen, H./Truffer, B./Harms, S. (1997): *Consumer User Patterns of electric vehicles*. Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung.
- Kolke, R./Gärtner, A. (2010): *Alternative Antriebe im Straßentest - ein ADAC-Bericht*. München. ADAC.
- Krems, J./Barthold, L./Cocron, P./Dielmann, B./Franke, T./Henning, M./Ischebeck, M./Schleinitz, K. (2011): *MINI E powered by Vattenfall V2.0. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben – Verbundprojekt: MINI E powered by Vattenfall V2.0*. Chemnitz. Technische Universität Chemnitz.
- Kurani, K.S./Turrentine, T./Sperling, D. (1994): *Demand for electric vehicles in hybrid households: an exploratory analysis*. In: *Transport Policy*, 1. Jg., Nr. 4, S. 244–256.
- Mahajan, V./Muller, E. (1979), "Innovation Diffusion and New Product Growth Models in Marketing," *Journal of Marketing*, 43 (Fall). 55-68.
- Ozaki, R./Sevastyanova, K. (2011): *Going hybrid: An analysis of consumer purchase motivations*, in: *Energy Policy*, 39. Jg., S.2217-2227.
- Peters, A./Dütschke, E. (2010): *Zur Nutzerakzeptanz von Elektromobilität – Analyse aus Expertensicht*, Karlsruhe. Fraunhofer ISI.

- Peters, A./Hoffmann J. (2011): *Nutzerakzeptanz von Elektromobilität – Eine empirische Studie zu attraktiven Nutzungsvarianten, Fahrzeugkonzepten und Geschäftsmodellen aus Sicht potenzieller Nutzer*. Karlsruhe. Fraunhofer ISI.
- Peters, A./Popp, M./Agosti, R./Ryf, B. (2011): *Elektroautos in der Wahrnehmung der Konsumenten. Zusammenfassung der Ergebnisse einer Befragung in Deutschland. Ergebnisse aus dem Projekt Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität FSEM*. Karlsruhe. Fraunhofer ISI.
- Roland Berger Strategy Consultants (2010): *Powertrain 2020. Electric Vehicles - Voice of Customer*. München.
- Schäfer, P. K./Blättel-Mink, B./Lanzendorf, M./Hermenau, U. (2011): *Sozialwissenschaftliche Begleitforschung zur Elektromobilität in der Modellregion Rhein-Main*. Frankfurt am Main.
- Tornatzky, L. G., & Klein, K. J. "Innovation Characteristic and Innovation Adoption-Implementation: A Meta-Analysis of Findings," *IEEE Transactions on Engineering Management* (29:1), 1982, pp. 28-45.
- Truffer, B./Harms, S./Wächter, M. (2000): *Regional experiments and changing consumer behavior: The emergence of integrated mobility forms*, in: Cowan, R. (Hg.): *Electric Vehicles: socio-economic prospects and technological challenges*. Aldershot: Ashgate, S. 173–204.
- Turrentine, T. S./Kurani, K. S. (1995): *The Household Market for Electric Vehicles. Testing the Hybrid Household Hypothesis – A Reflexively Designed Survey of New-car-buying, Multi-vehicle California Households*. Davis. Institute of Transportation Studies.
- Wietschel, M./Dütschke, E./Funke, S./Peters, A./Plötz, P./Schneider, U. (2012): *Kaufpotenzial für Elektrofahrzeuge bei sogenannten „Early Adoptern“*. Karlsruhe. Fraunhofer ISI und Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien.

6 AP 600 – Integration und Harmonisierung

6.1 Beschreibung des Arbeitspaketes

Ziel dieses Arbeitspakets war es, ein Gesamtmodell für die Elektromobilität zu entwickeln, das die fünf Domänen Verkehr, Fahrzeug, Energie, Kommunikation und Nutzer in besonderer Weise verknüpft. Dadurch sollte ermöglicht werden, spezifische Steuerungsinstrumente und Leistungsindikatoren - Interdependenzen, domänenfremde Wirkungen und Abhängigkeiten betrachten zu können und somit Wirkungsanalysen durchführen zu können, die alle fünf Domänen mit einbeziehen. Als Ergebnis wurde das Gesamtmodell genutzt, um die Simulationsumgebung VSimRTI so weiterzuentwickeln, dass sie die wesentlichen Aspekte der Elektromobilität realistisch abbilden kann. Durch die Verknüpfung spezifischer Simulatoren konnte auf existierendes Domänenwissen zurückgegriffen werden und um neues Wissen aus dem Bereich Elektromobilität ergänzt werden. Somit entstand eine neuartige Simulationsumgebung, die es erlaubt, verschiedenste Verkehrsszenarien detailliert zu untersuchen, um eine besonders komfortable Nutzung von Elektrofahrzeugen im Verkehr zu ermöglichen.

Um zusätzliches Wissen zur Domäne Nutzer zu ermitteln, wurde in enger Abstimmung mit AP 500 eine Tablet-App entwickelt, die die eMERGE-Teilnehmer nutzten, um auf Knopfdruck zu einer Fahrt Bewegungsdaten erstellen zu lassen. Weiterhin stellte die App dem Nutzer am Ende einer Fahrt Fragen, um das Fahrerlebnis direkt zu erfassen und auswerten zu können. Damit konnten Praxistauglichkeit und Leistungsfähigkeit beurteilt werden und Optimierungen entwickelt werden. Die von der App aufgezeichneten Daten wurden verschlüsselt und anonymisiert übertragen, gespeichert und konnten später von autorisierten eMERGE-Partnern abgerufen und ausgewertet werden.



Abb. 51: Im eMERGE-Projekt entwickelte Architektur zur Realisierung der automatisierten Ladesäulenreservierung und zur Unterstützung von gesteuertem Laden

Um die Leistungsfähigkeit der Elektromobilität weiter zu verbessern, wurde eine weitere App entwickelt, die zur automatisierten Ladesäulenreservierung und zur Unterstützung von gesteuertem Laden genutzt werden kann. Es wurde ein Konzept für die Einbindung von verschiedenen Ladestrategien entwickelt und

umgesetzt. Um die App unter hoher Auslastung und mit hohen Penetrationsraten von Elektrofahrzeugen zu testen, wurden großflächigen Simulationen durchgeführt, die die Bundesländer Berlin und Brandenburg umfassten. Somit konnten Praxistauglichkeit und Leistungsfähigkeit der App detailliert untersucht werden und weiterhin die konkreten Vorteile für die Nutzer identifiziert werden. Für die Untersuchungen wurde die Simulationsarchitektur VSimRTI benutzt und die Querabhängigkeiten und Interdependenzen der beteiligten Domänen vom Fahrzeug, über Energie, Verkehr bis hin zu den Nutzern mit modelliert. Als Datengrundlage wurden der in AP 400 für das Jahr 2025 ermittelte Bedarf an Ladeinfrastruktur sowie die Tourendaten von Weitpendlern und Carsharern in den Bundesländern Berlin und Brandenburg genutzt. Mit diesen Daten wurden zwei unterschiedliche Szenarien untersucht:

Im ersten Szenario wurden Carsharing-typische Touren mit Elektrofahrzeugen betrachtet. In den durchgeführten Untersuchungen wurde ermittelt, wie sich die per App durchgeführten automatisierten Ladesäulenreservierungen bei verschiedenen Carsharing-Typen auswirken und welche Erhöhung der Leistungsfähigkeit jeweils erzielt werden kann. Ziel war es, den Nutzer komfortabel zu einer freien Ladesäule möglichst nah an seinem Ziel zu navigieren.

In einem weiteren Szenario standen die Weitpendler im Fokus, die mit dem eigenen Elektrofahrzeug vom Wohnort zum Arbeitsplatz und zurück fahren. Hier wurden verschiedene Ladestrategien unter untersucht, die eine möglichst effiziente Nutzung der Windenergie für die Ladevorgänge ermöglichen sollten. Von großem Vorteil ist in diesem Szenario, dass die App dem Energienetzbetreiber die Information zur Verfügung stellt, wann der Fahrer sein Fahrzeug wieder benötigt und bis zu welchem Ladestand sein Fahrzeug bis dahin mindestens aufgeladen sein muss. Diese Informationen kann der Energienetzbetreiber in seine Ladestrategien mit einfließen lassen und damit die Ladevorgänge weiter optimieren. Somit können Ladevorgänge z. B. vornehmlich mit regenerativen Energien durchgeführt werden oder in Zeitfenster verschoben werden, in denen überschüssige Energie sonst nicht genutzt werden könnte. Die Untersuchungen hatten das Ziel, Ladestrategien zum intelligenten Laden zu evaluieren, die besonders effizient überschüssige Windenergie nutzen. Dies stellt eine besondere Herausforderung dar, weil abhängig vom Wetter die im Tagesverlauf erzeugte Windenergie sehr unterschiedlich ausfallen kann. Hier ist es wichtig, flexible Ladestrategien zu entwickeln, die sich an die aktuelle Situation anpassen können.

6.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der beiden untersuchten Szenarien Carsharing und Weitpendler werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt:

6.2.1 Ladesäulenreservierung – Carsharing

a. Szenario Beschreibung

In diesem Szenario wird untersucht, welche Vorteile die einzelnen Nutzer erzielen können, wenn sie eine Applikation (im Text als eMERGE-Applikation bezeichnet) zur automatisierten Ladesäulenreservierung verwenden. Dabei tauscht der Nutzer über sein Smartphone und die bestehenden Mobilfunknetze Reservierungsinformationen mit einem zentralen eMobility Server aus, um eine verfügbare Ladesäule am Zielort im Vorhinein zu sichern. Sobald das Elektrofahrzeug in die Zielregion kommt, reserviert der eMobility Server die freie Ladesäule, welche am nächsten am Ziel der Fahrt liegt. Direkte Vorteile für den Nutzer ergeben sich also in mehrfacher Hinsicht:

- Die Suche nach der nächsten freien Ladesäule entfällt.
- Die Verkehrsführung zur reservierten Ladesäule erfolgt effizient über die Navigationsfunktion.

- Es wird garantiert, dass für im Voraus übermittelte Fahrten die Batterie zum Fahrtantritt genügend aufgeladen ist.

Die Analyse wird anhand eines ganztägigen Carsharing-Szenarios durchgeführt, bei dem Carsharing-Touren mit 4 verschiedenen Fahrzeugnutzungs-Typen betrachtet werden:

- Ein Touristentyp: entsprechende Ziele (Hotels, Museen, Gastronomie, Sehenswürdigkeiten, ...) und viele Fahrten in einer Tour (Typ 1)
- Ein Typ für ausnahmsweise Kfz-Nutzung (Krankenhaus, Werkstatt, Arzt, Behörden) mit nur wenig Fahrten in einer Tour (Typ 2)
- Ein Einkaufstyp: hauptsächlich Einkaufsziele (Typ 3)
- Ein Alltagstyp: Arbeit, Kindergarten, Freizeit, ... mit hauptsächlich kurzen Fahrten (Typ 4)

Eine Tour beinhaltet von 1 bis zu 7 unterschiedliche Teilstrecken, zwischen denen jeweils ein Zwischen-aufenthalt besteht. Die nachfolgende Grafik zeigt alle Zwischenhalte der einzelnen Touren (grüne Punkte) auf einer Berlin-Brandenburg-Karte. Hier kann man erkennen, dass der überwiegende Teil der Carsharing-Nutzer in Berlin unterwegs ist, es aber auch Nutzer mit Zielen in Brandenburg gibt, auch wenn deren Zahl deutlich niedriger ist.

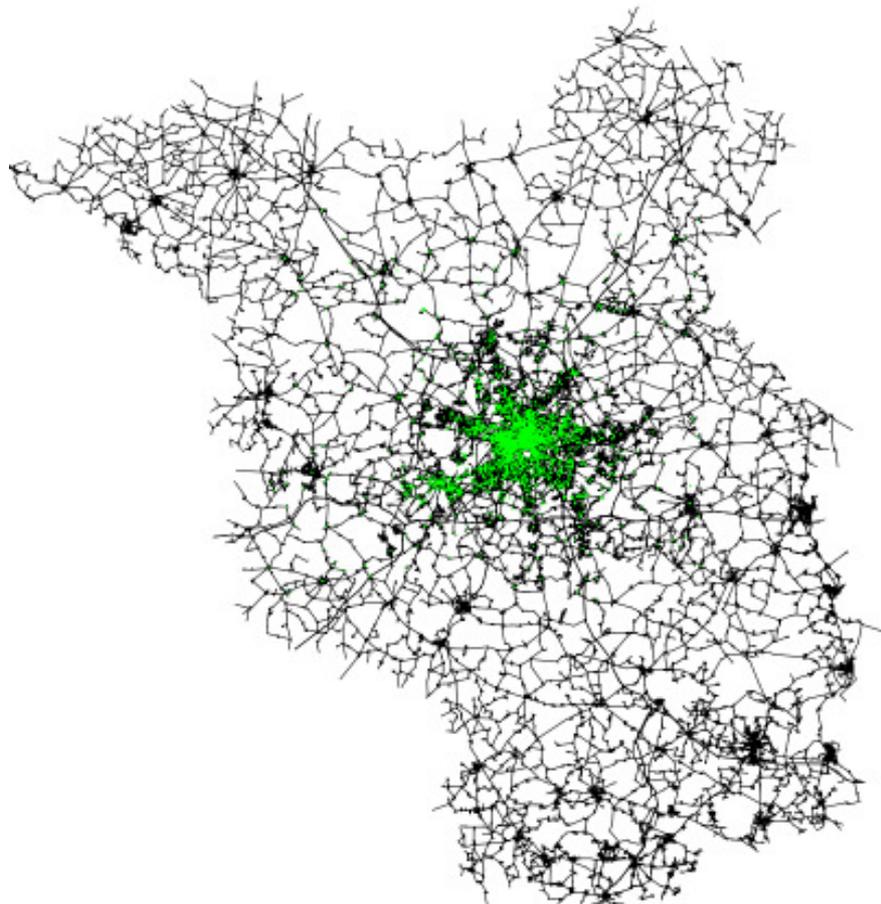


Abb. 52: Zwischenaufenthalte (grüne Punkte) von Carsharing-Nutzern in Berlin und Brandenburg

In den Untersuchungen werden die ersten drei Fahrzeugnutzungs-Typen zusammengefasst, so dass sich zwei Branchen ergeben. Insgesamt wird dadurch in diesem Simulationsszenario die folgende Anzahl an Fahrzeugen (getrennt nach Branchen) betrachtet:

- Branche Typ 1-3 (Touristen, Einkäufer, Ausnahmefahrten): 677
- Branche Typ 4 (Alltagsfahrten – kurz Fahrten): 1026

Dabei ergeben sich insgesamt 5779 Zwischenaufenthalte mit entsprechenden Ladebedarfen im betrachteten Simulationszeitraum von 24 Stunden. Demgegenüber steht ein Ladeinfrastrukturangebot von 399 Ladestationen mit je 2 Slots, die den Ladebedarf bedienen sollen. Diese Zahlen stammen aus der Bedarfsanalyse der PTV AG aus AP 420, im Speziellen für das Szenario der Tages- und Kurzzeitlader. Die Positionierung der Ladeinfrastruktur ist ebenso wie alle Tour-Eingangsdaten mit den Untersuchungen von AP 420 abgestimmt. Anhand dieser Ergebnisse sind die Ladestationen natürlich nicht einfach uniform über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt. In stärker frequentierten Regionen, wie Innenstadtbereichen, ist die Ladestationsdichte auch entsprechend höher.

Aus der hier beschriebenen Eingangskonfiguration mit 5779 Ladebedarfen bei 798 Ladeslots kann vermutet werden, dass einige Ladevorgänge an einer gewünschten Ladestation nicht möglich sind, weil zum gewünschten Zeitpunkt die Ladesäule schon belegt ist. Diese Situation kann auftreten, obwohl sich die Ankünfte der Fahrzeuge an den Ladestationen zeitlich über den Tag verteilen und sich die Fahrzeuge nur über einen beschränkten Zeitraum an den Ladestationen aufhalten.

b. Nutzerverhalten und Applikation

Um das Verhalten bei den häufig belegten Ladestationen realistisch abzubilden, werden bestimmte Annahmen für den Nutzer und die Applikation modelliert. Diese betreffen im Speziellen den eMobility-Server (der die Ladesäulenreservierung organisiert), die Fahrzeuge mit eMERGE-Applikation zur Ladesäulenreservierung und die konventionellen Fahrzeuge (die keine App zur Ladesäulenreservierung besitzen). Sie werden im nachfolgenden Teil kurz beschrieben.

Fahrzeuge mit eMERGE-Applikation und eMobility-Server

Die Reservierungs-App in den entsprechenden Fahrzeugen sendet Reservierungsanfragen für eine freie Ladestation, sobald diese Fahrzeuge in die Zielregion (Luftlinie 2km zum Zielort) einfahren. Diese Anfrage enthält die Koordinaten des Zielorts, sowie einen Toleranzwert der maximalen Laufdistanz. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wird dieser Toleranzwert in den Simulationen einheitlich mit 2km angenommen. Es ist jedoch vorgesehen, diesen Wert vom Benutzer festlegen zu lassen um individuelle Präferenzen zu berücksichtigen. Ein Tourist mit freier Zeiteinteilung wird möglicherweise eine größere Laufdistanz tolerieren als ein Einkäufer mit Gepäck.

Bei eingehenden Reservierungsanfragen ermittelt der eMobility-Server die Ladestation mit der kürzesten Distanz zum Ziel. Wenn diese Ladestation bereits belegt oder reserviert ist, prüft der Server solange weitere Stationen mit der nächstkürzesten Distanz, bis eine freie Ladestation gefunden ist oder bis der Toleranzwert zur maximalen Laufdistanz erreicht ist. Es ist also möglich, dass keine freie Ladestation in der gewünschten Region gefunden wird. In diesem Fall fahren die Fahrzeuge mit Reservierungs-App direkt zum Ziel und können nicht Laden.

Klassische Fahrzeuge ohne Reservierungs-App

Die Nutzer in klassischen Fahrzeugen haben eine Übersicht über die Positionen von Ladestationen, kennen jedoch nicht den aktuellen Belegungs- und Reservierungsstand. Genauso wie die Fahrzeuge mit Reservierungs-App fahren sie nur Ladesäulen an, die maximal 2km Luftlinie vom eigentlichen Ziel entfernt sind. Zunächst fahren sie die Ladestation an, welche die kürzeste Distanz zum Ziel hat. Im Fall einer Belegung durch ein anderes Fahrzeug, fahren sie zur nächsten Ladestation mit der nächstkürzesten Entfernung usw. Dabei sieht das Verhaltensmodell eine Kosten/Nutzenrechnung vor, damit die Fahrer nach einer bestimmten Anzahl an Versuchen die weitere Suche beenden. In diese Rechnung geht die Anzahl der bisherigen erfolglos angefahrenen Ladesäulen, die Laufdistanz und die geschätzte Aufenthaltsdauer ein. Bei langen Laufdistanzen und kurzen Aufenthaltsdauern wird die Suche bereits früher abgebrochen.

c. Ergebnisse für Fahrzeuge

Nachfolgend werden die Simulationsergebnisse vorgestellt, welche individuell die Fahrzeuge betreffen. Dabei werden die Fahrzeuge mit Reservierungs-App und klassische Fahrzeuge getrennt nach Branchen anhand von vier Metriken betrachtet.

Die nächsten zwei Abbildungen (Abbildungen 53 und 54) für die Metrik der Fahrtdistanz und der Fahrzeit der Tour gesamt enthalten im jeweils linken Diagramm eine graduelle Auswertung anhand der Ausrüstungsraten der Fahrzeuge mit der eMERGE-Applikation zur Ladesäulenreservierung und im rechten Diagramme die Darstellung für die Extremfälle, wenn es nur klassische Fahrzeuge (ohne Ladesäulenreservierungs-Applikation) bzw. nur Fahrzeuge mit eMERGE-Applikation zur Ladesäulenreservierung gibt.

Zunächst bestätigt der Vergleich der Branchen 1-3 und der Branche 4 für alle Fahrzeuge die Eingangsannahme, dass die Branche 4 mit den Alltagsfahrten typischerweise kürzere Gesamttouren hat. Ein Vergleich für alle Fahrzeuge ohne oder mit der eMERGE-Applikation (rechtes Teildiagramm) zeigt, dass mit der eMERGE-Applikation eine Wegeinsparung von über 20 % möglich ist und eine Zeiteinsparung von 10 – 16 %. Dabei profitieren die Alltagsfahrer mit den kurzen Touren (Branche 4) etwas stärker von der eMERGE-Applikation als die anderen Typen (Branche 1-3). Beim Vergleich der Ausstattungsraten (linkes Teildiagramm) wird erkenntlich, dass die eMERGE-Applikation sofort einen Vorteil für das Fahrzeug bringt in dem sie eingesetzt wird. Der Vorteil gegenüber den klassischen Fahrzeugen bleibt über alle Ausstattungsraten konstant. Bei anderen Kommunikationsanwendungen wird häufig eine Mindest-Ausstattung für eine merkliche Verbesserung benötigt, was hier nicht der Fall ist. Für die klassischen Fahrzeuge zeichnet sich ein leicht steigender Nachteil ab, je mehr Fahrzeuge die eMERGE-Applikation verwenden. Dieser Sachverhalt soll in weiteren Diagrammen genauer untersucht werden.

Fahrdistanz Tour gesamt

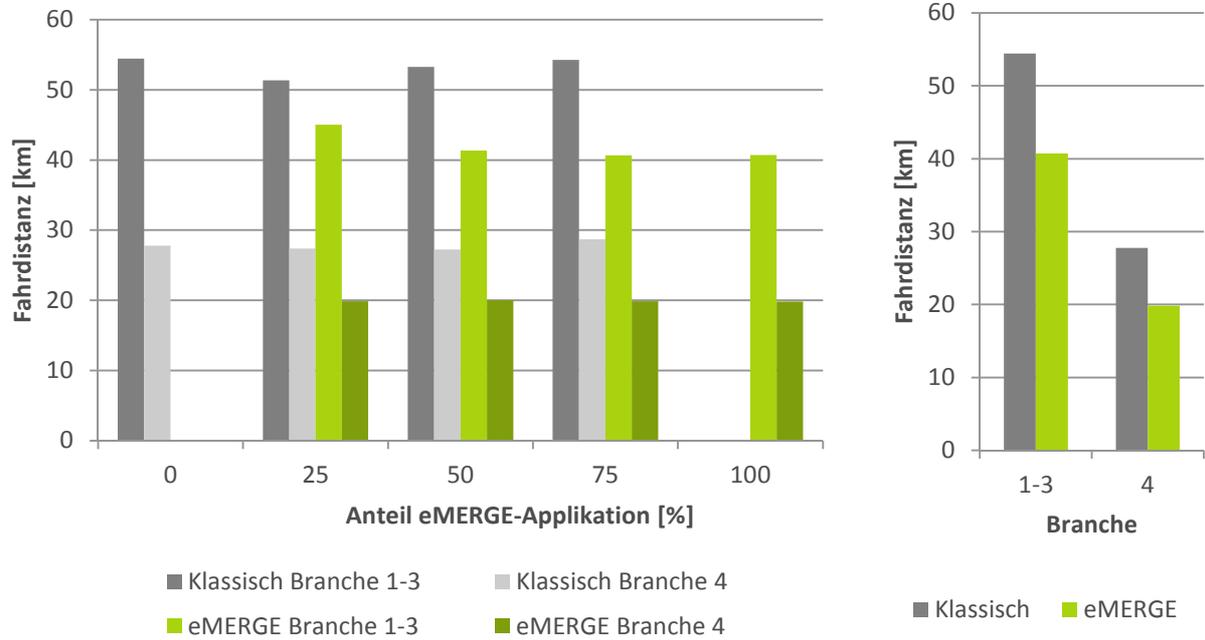


Abb. 53: Fahrdistanz auf Gesamttour

Fahrzeit Tour gesamt

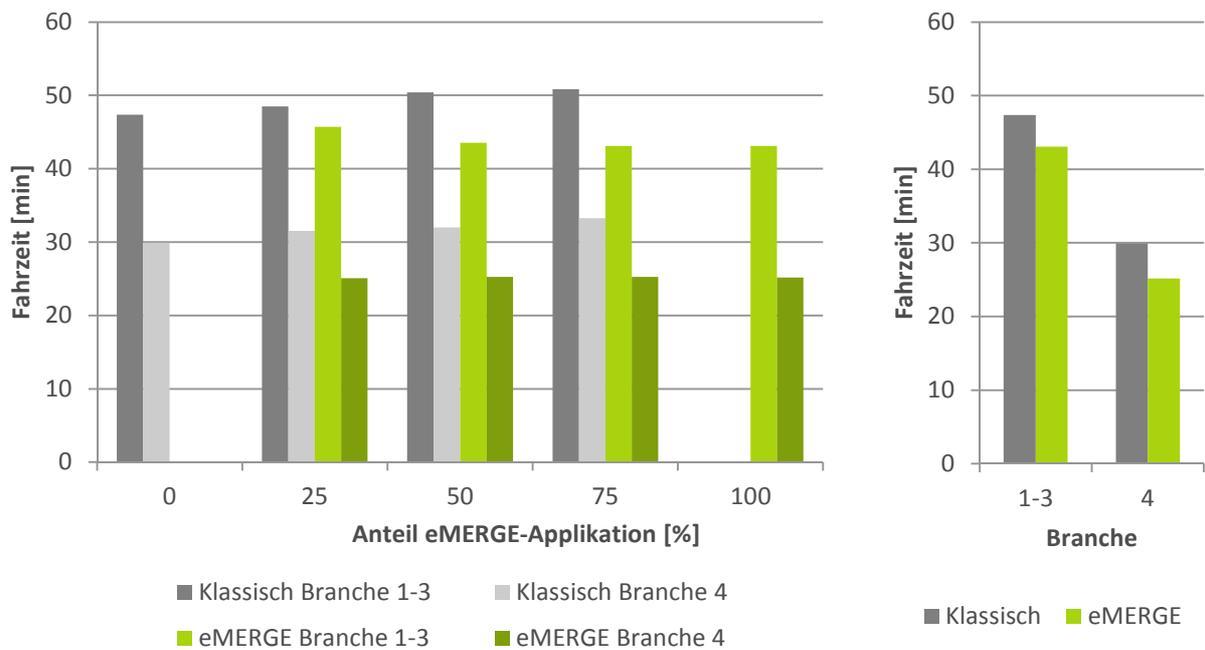


Abb. 54: Fahrzeit der Gesamttour

Die nächsten zwei Diagramme (Abbildungen 55 und 56) analysieren genauer, welche zusätzliche Fahrdistanz und Fahrdauer durch erfolglos angefahrene Ladestationen hinzukommen. Wie in den Diagrammen zu sehen ist, betrifft dies nur die klassischen Fahrzeuge. Es ist auch für Fahrzeuge mit eMERGE-Applikation zur Ladesäulenreservierung möglich, dass diese nicht laden können. Jedoch erfahren sie frühzeitig vom eMobility-Server, wenn sich keine freie Ladestation anhand der Kriterien (Toleranzwert für Laufradius) findet und müssen somit keine Umwege durch erneutes Suchen in Kauf nehmen. Es ist zu sehen, dass sowohl die Fahrdistanz als auch die Fahrzeit durch erfolglos angefahrene Ladesäulen für die klassischen Fahrzeuge steigen, je mehr Fahrzeuge mit der eMERGE-Applikation zur Ladesäulenreservierung ausgerüstet sind. Dies ist damit zu erklären, dass diese Fahrzeuge die Ausnutzung der Ladeinfrastruktur durch ihre Reservierung zunächst nur für sich optimieren. Im Branchenvergleich ist die zusätzliche Fahrdistanz und Fahrzeit nahezu auf gleichem Niveau für die längeren (Branche 1-3) und kürzeren (Branche 4) Touren. Das heißt, dass die Kurz-Tour-Typen stärker profitieren können, wenn sie die eMERGE-Applikation zur Ladesäulenreservierung nutzen.

Fahrdistanz durch erfolglos angefahrene Ladesäulen pro Rang

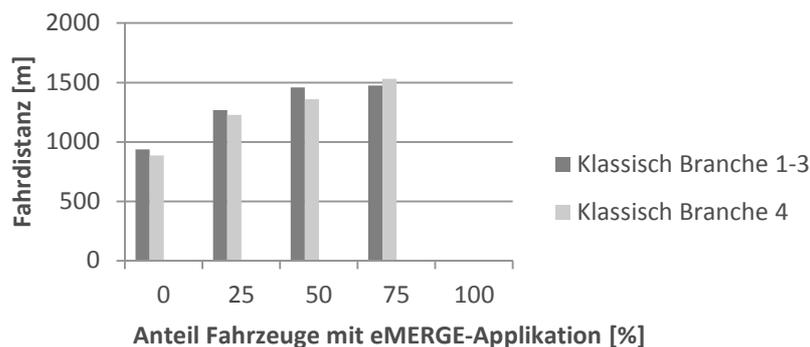


Abb. 55: Zusätzliche Fahrdistanz durch erfolglos angefahrene Ladesäulen (pro Rang)

Fahrzeit durch erfolglos angefahrene Ladesäulen pro Rang

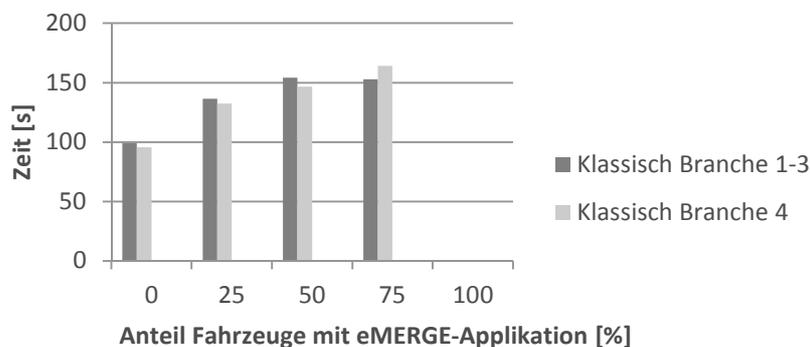


Abb. 56: Zusätzliche Fahrzeit durch erfolglos angefahrene Ladesäulen (pro Rang)

d. Ergebnisse für Ladestationen

Da die vorhergehenden Simulationsergebnisse gezeigt haben, dass die eMERGE-Applikation zur Ladesäulenreservierung zunächst eine individuelle Optimierung für die ausgestatteten Fahrer bringt, soll in diesen Ergebnissen untersucht werden, ob die eMERGE-Applikation auch eine globale Verbesserung bringt.

Die nachfolgenden Grafiken (Abbildungen 57 und 58) zeigen die Positionen der einzelnen Ladestationen im Stadtgebiet von Berlin und deren Statistik bezüglich der erfolgreich bzw. erfolglos angefahrenen Ladesäulen. Dabei werden die zwei Fälle betrachtet, wenn (1) 25 % der Fahrzeuge mit der eMERGE-Applikation ausgestattet und 75 % klassisch, und (2) 75 % der Fahrzeuge mit der eMERGE-Applikation ausgestattet und 25 % klassisch sind.

Die erste Grafik (Abbildung 57) bestätigt wieder die Eingangssituation, dass 399 Ladestationen im Stadtgebiet nicht ausreichend sind, um den Ladebedarf aller Fahrzeuge zu decken. Zusätzlich ist zu sehen, dass die Stationen entsprechend des Bedarfs auch nicht optimal verteilt sind. Es gibt Orte an denen Ladestationen nie angefahren werden, als auch einige Hotspots mit sehr starken Frequentierungen und entsprechend starken Auslastungen.

In der zweiten Grafik (Abbildung 58) ist zu sehen, dass durch eine höhere Ausstattung an Fahrzeugen mit der eMERGE-Applikation deutlich weniger Ladesäulen erfolglos angefahren werden. Aufgrund der Vorausinformation der Reservierung können sich die Lader etwas besser auf die vorhandene Infrastruktur verteilen. Weiterhin kommt es zu weniger Abbrüchen bei der Ladestationssuche. Insgesamt bleiben aber wenige Hotspots mit starken Frequentierungen bestehen, die nur durch weiteren Ausbau behoben werden können.

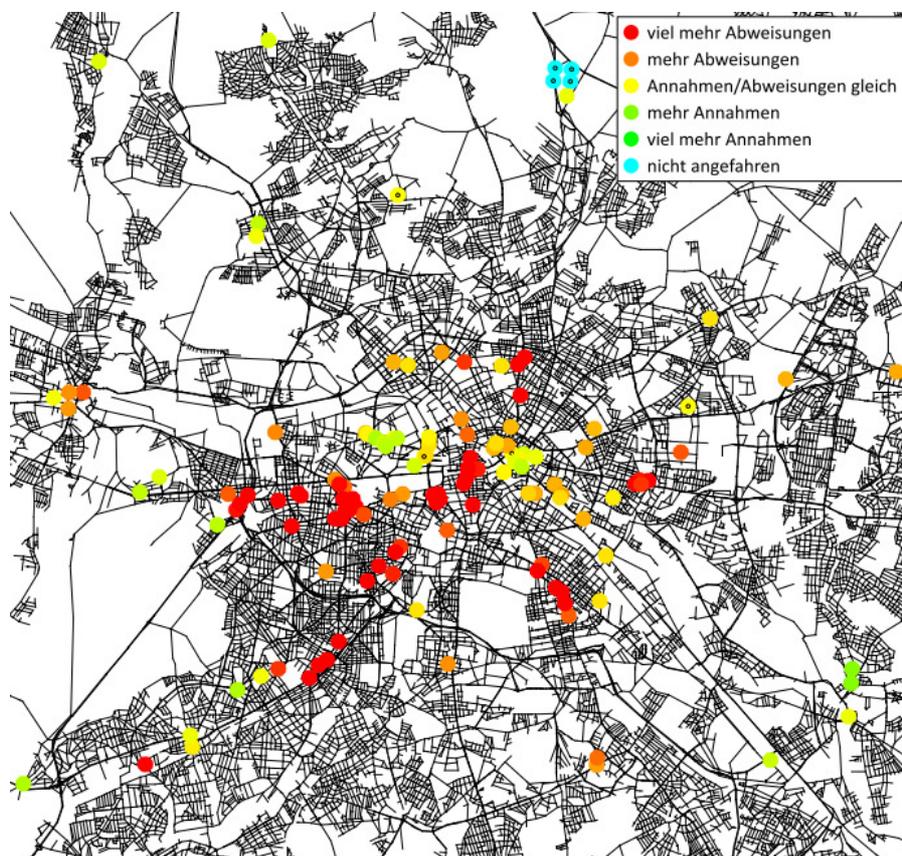


Abb. 57: Ladestationsstatistik mit 25 % eMERGE und 75 % klassischen Fahrzeugen

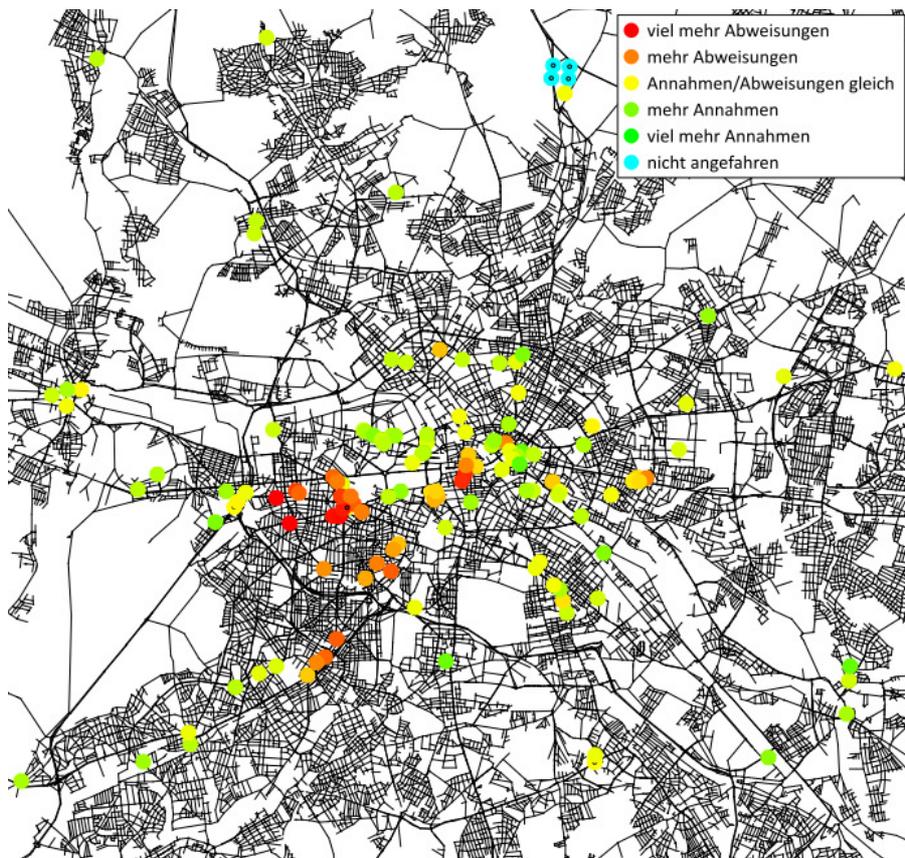


Abb. 58: Ladestationsstatistik mit 75 % eMERGE und 25 % klassischen Fahrzeugen

e. Zusammenfassung der Ergebnisse zur Ladesäulenreservierung

Die Verbesserungen, die durch die eMERGE-Applikation zur Ladesäulenreservierung erreicht werden, sind äußerst positiv. Die ladenden Fahrzeuge verteilen sich besser auf die zur Verfügung stehenden freien Ladesäulen, die genutzten Ladesäulen sind trotzdem nicht weit vom eigentlichen Ziel der Fahrer entfernt. Die Ladesäulensuche entfällt. Hierdurch sparen Carsharer bis zu 25 % ihrer gesamten Reisezeit ein. Insbesondere im Innenstadtbereich sind sehr positive Auswirkungen zu beobachten.

6.2.2 Gesteuertes Laden – Weitpendler

a. Szenario Beschreibung

In diesem Szenario werden insbesondere die Vorteile der eMERGE-Applikation für Energienetzbetreiber untersucht. Durch die eMERGE-Applikation teilen die Nutzer dem Energienetzbetreiber notwendige Parameter mit, um gesteuertes Laden zu unterstützen. In der vorliegenden Untersuchung wird ein Konzept für unterschiedliche Ladestrategien entwickelt, um Windenergie möglichst effizient für die Ladevorgänge zu nutzen. Die große Herausforderung besteht hier darin, Ladestrategien zu finden, die möglichst flexibel auf unterschiedliche Wetterlagen reagieren und sich somit an unterschiedliche Mengen an zur Verfügung stehende Windenergie anpassen können.

Im Weitpendler-Szenario wird der Einsatz von Elektrofahrzeugen für den täglichen Arbeitsweg simuliert. Die Wohn- und Arbeitsorte der Pendler liegen in der Region Berlin-Brandenburg, zu großen Teilen in Berlin. Bei einem kurzen Arbeitsweg bis 60km einfache Strecke wird angenommen, dass die Fahrzeuge nur

am Wohnort aufgeladen werden. Bei längeren Strecken über 60km müssen die Fahrzeuge sowohl am Wohnort, als auch am Arbeitsort laden. Das nachfolgende Bild zeigt die räumliche Verteilung der Wohn- und Arbeitsorte. Dabei gilt die farbliche Darstellung wie folgt:

- Wohnort – grün
- Arbeitsort unter 60km – rot
- Arbeitsort über 60km (Ladebedarf) – blau

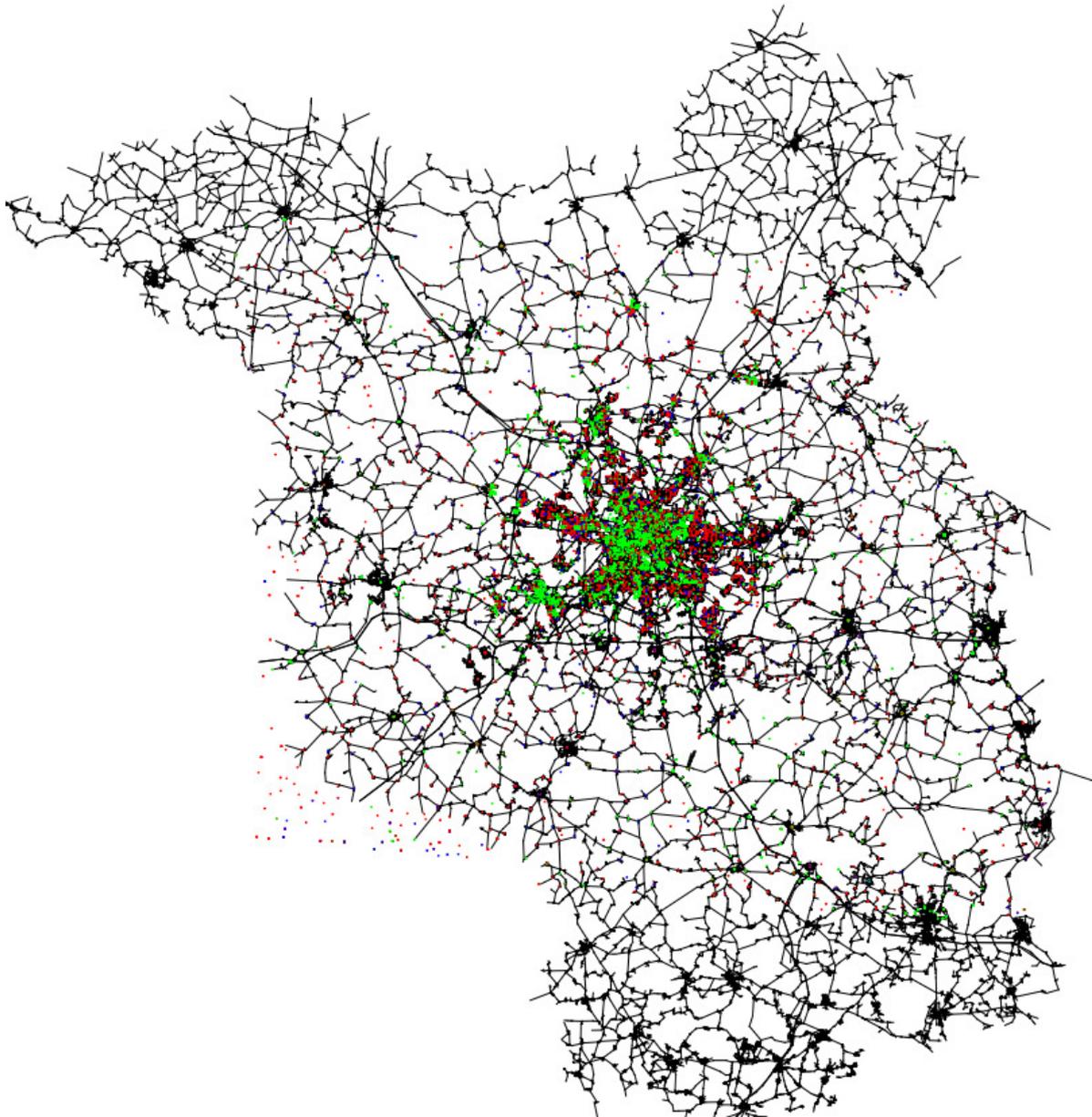


Abb. 59: Wohn- und Arbeitsorte der Weitpendler mit Elektrofahrzeugen im untersuchten Szenario

Insgesamt werden in diesem Szenario 6823 Weitpendlertouren mit unterschiedlich langen Arbeitswegen betrachtet. Das nachfolgende Histogramm (Abbildung 60) zeigt eine Häufigkeitsverteilung der Fahrstrecke vom Wohn- zum Arbeitsort. Die kürzeste Tour hat eine Fahrdistanz von 10,70 km und die längste eine Fahrdistanz von 268,20 km. D.h. es gibt in diesem Szenario keine Touren unter 10 km. Die meisten Weit-

pendler haben einen Arbeitsweg zwischen 15 und 20 km. Im Diagramm ist weiterhin eine Linie bei 60 km Fahrdistanz eingezeichnet. Diese Linie markiert die Fahrdistanz bei der die Weitpendler nur am Wohnort laden (kleiner 60 km) oder zusätzlich am Arbeitsplatz laden müssen (größer 60 km). Es ist zu erkennen, dass der Großteil der Fahrzeuge nur am Wohnort lädt. Fahrzeuge mit weiten Arbeitswegen haben natürlich einen höheren Energiebedarf, so dass selbst die wenigen Fahrzeuge, die am Arbeitsplatz laden, eine gewisse Netzauslastung erzeugen.

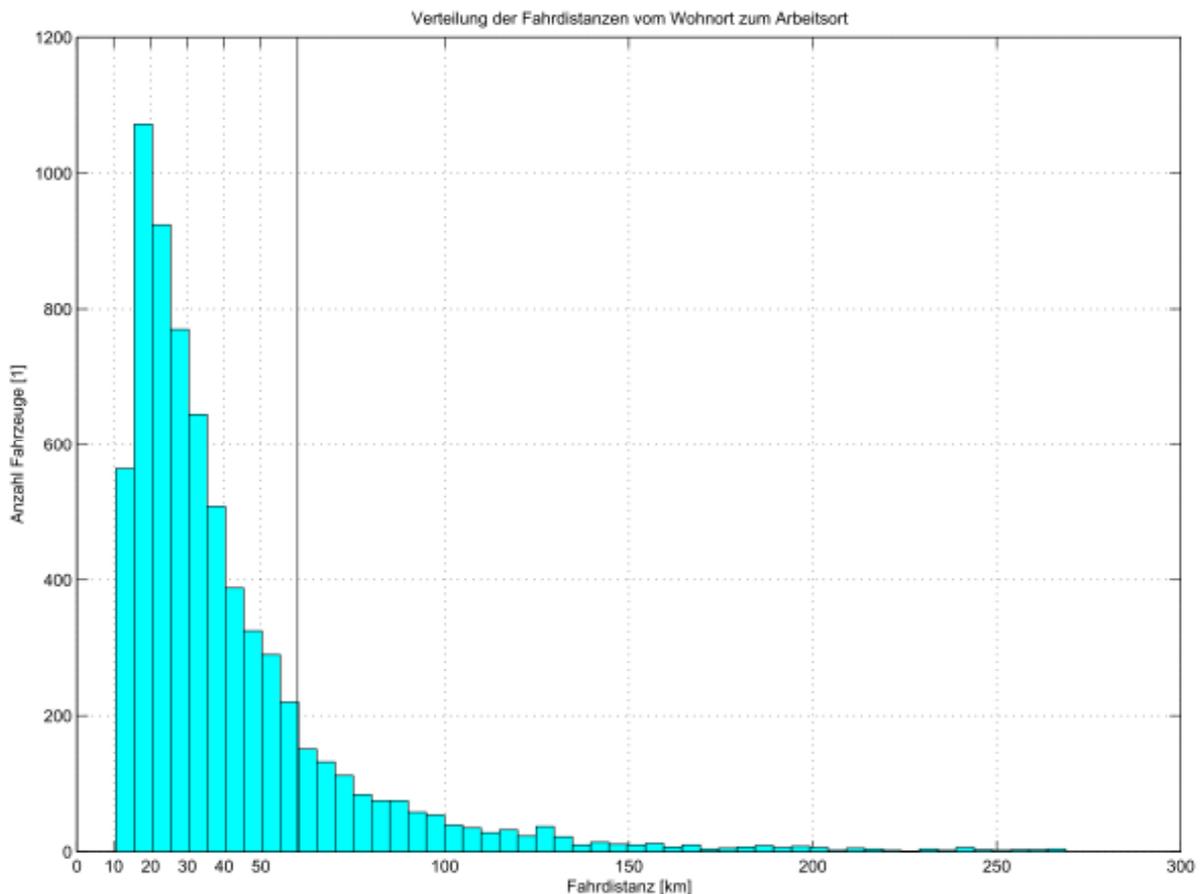


Abb. 60: Histogramm der Verteilung der Fahrdistanzen des Arbeitsweges

Im Weitpendlerszenario wurde von der PTV AG ebenfalls darauf Wert gelegt, eine möglichst realistische Abbildung der Fahrten im Tagesverlauf zu modellieren. Das nachfolgende Diagramm (Abbildung 61) zeigt die zeitliche Statistik. Das Diagramm enthält 3 Orientierungslinien (0:00 Uhr am Tagesanfang, 12:00 Uhr, 0:00 Uhr am Tagesende). Die darüberhinausgehende Darstellung setzt das Diagramm zyklisch fort. Sie dient zur besseren Einordnung der späteren Ergebnisse. Im Aufenthaltsdiagramm ist zu sehen, dass von 0:00 Uhr bis 5:00 Uhr morgens die meisten Fahrzeuge am Wohnort stehen. Von 5:00 Uhr bis 9:00 Uhr erstreckt sich die verkehrsstarke Zeit, in der die meisten Fahrzeuge unterwegs sind, typischerweise zum Arbeitsort. Von 9:00 Uhr bis 15:00 Uhr halten sich die meisten Pendler am Arbeitsort auf. Danach beginnt die abendliche Rückreise zum Wohnort, welche sich etwas stärker über die Zeit streckt, als die morgendliche Fahrt zum Arbeitsplatz. Generell gibt es über den ganzen Tag verteilt immer auch gegenläufige Fahrten. Das sieht man u.a. daran, dass sich selbst in der Hauptarbeitszeit zwischen 9:00 bis 15:00 Uhr etwa mindestens 900 Pendler an ihrem Wohnort aufhalten. Letztendlich enthält das Diagramm eine Unter-

scheidung von Pendlern, die sich am Arbeitsort aufhalten, aber ihre Fahrzeuge nicht laden müssen, da die Fahrdistanz kleiner als 60 km liegt und Pendler, die am Arbeitsort ebenfalls laden müssen. Maximal etwa 950 Pendler, die laden müssen, befinden sich zeitgleich am Arbeitsort.

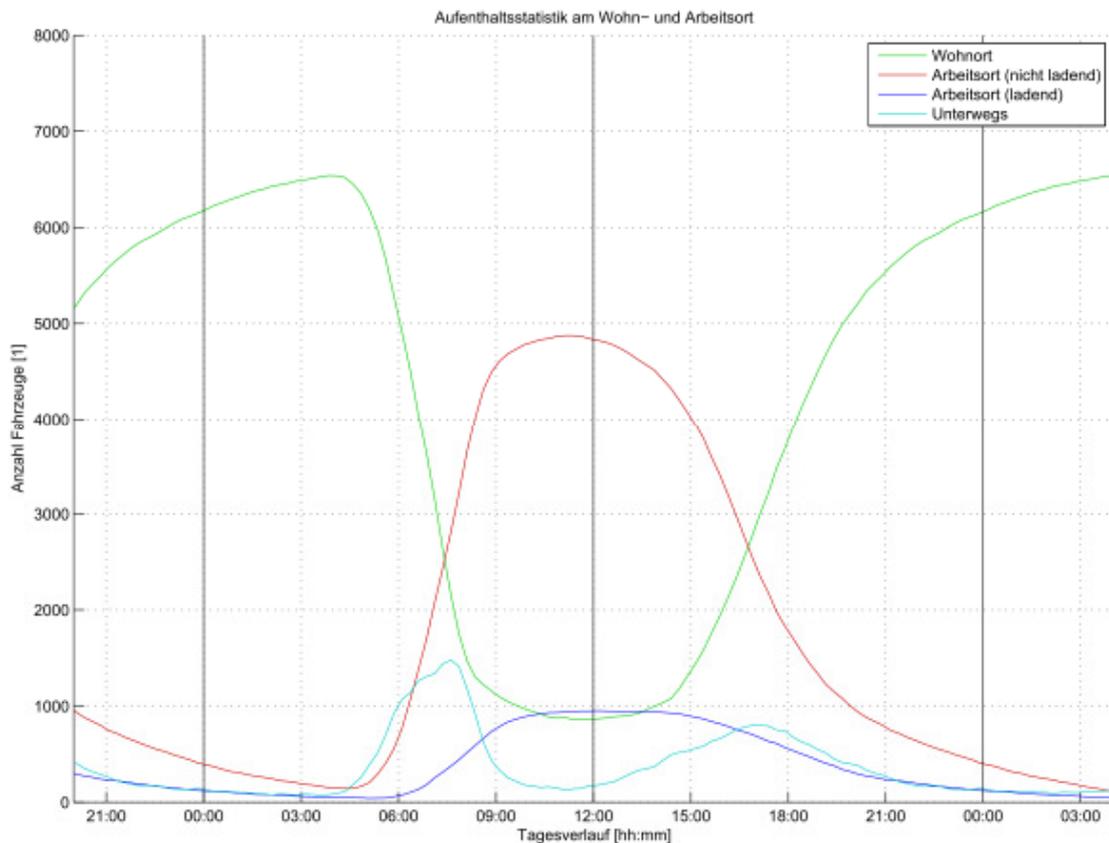


Abb. 61: Zeitliche Statistik der Aufenthalte im Tagesverlauf

Während der Simulation wird insbesondere auch auf eine realistische Modellierung der Entladevorgänge während der Fahrt geachtet. Entsprechend ergeben sich durch die verschiedenen Fahrprofile im Stadtverkehr, auf Autobahnen usw. ebenfalls auch verschiedene Verbrauchsdaten für die Fahrzeuge. Im Allgemeinen ergibt sich für die meisten Fahrzeuge ein Verbrauch zwischen 15 kWh und 20 kWh pro 100 km. Das bedeutet für den tatsächlichen Energiebedarf, dass z. B. Pendler mit einer Einfachstrecke von 10 km (also 20 km Hin- und Rückweg) im Allgemeinen täglich nur zwischen 3 kWh und 4 kWh laden müssen. Pendler mit sehr weiten Strecken von 260 km haben einen Bedarf zwischen 78 kWh und 104 kWh.

b. Ladestrategien

Für die Untersuchungen werden vier verschiedene Ladestrategien angewendet und mit einander verglichen. Diese werden im Folgenden kurz beschrieben. Zunächst gibt Tabelle 14 aber einen Überblick über mögliche Ladestationen – sowohl am Arbeitsort, als auch in der Hausinstallation. Für die Ladestrategien wird davon ausgegangen, dass die Pendler an beiden Orten über einen Dreiphasen-Anschluss verfügen und entsprechend eine Installation nach Typ 2 verwenden können.

Parameter\Typ	AC (Typ 1)	AC (Typ 2)	AC (Typ 3)	AC (Typ 4)
Spannungsebene	230 V	400 V	400 V	400 V
Stromstärke	16 A	16 A	32 A	63 A
Ladeleistung	3,7 kW	11 kW	22 kW	44 kW

Tab. 14: Überblick der möglichen Ladetechnologien

Folgende Ladestrategien wurden in eMERGE untersucht:

- Einfach: Diese Strategie kennzeichnet sich dadurch, dass die Pendler ihr Fahrzeug sofort nach Ankunft an der Ladestation anschließen. Der Netzbetreiber wird daraufhin die am Anschluss verfügbare Ladeleistung von 11 kW bereitstellen bis das Fahrzeug wieder komplett aufgeladen ist. Danach wird es keine weitere Last geben. Für den Netzbetreiber ist keine weitere Steuerung des Ladevorgangs möglich. Die Einfache Strategie eignet sich als Basislinie zum Vergleich der nachfolgenden fortgeschrittenen Strategien.
- Zeitbasiert: Bei dieser Strategie schließt der Pendler sein Fahrzeug ebenfalls sofort bei Ankunft an die Ladestation an und meldet über die eMERGE-App zusätzlich seine Aufenthaltsdauer bzw. den Zeitpunkt der erneuten Benutzung. Der Netzbetreiber kann den Ladevorgang nun steuern, um eine möglichst geringe Spitzenlast zu erreichen. Im speziellen wird das Fahrzeug mit der geringsten möglichen Ladeleistung aufgeladen, damit es zum Zeitpunkt der erneuten Benutzung wieder komplett aufgeladen ist.
- Erneuerbare: Diese Strategie ist eine Erweiterung der zeitbasierten Steuerung. Sie basiert auf der gleichen Information der Aufenthaltsdauer, welche durch die Pendler über die eMERGE-App an den Netzbetreiber übermittelt wird. Zusätzlich wird der Netzbetreiber eine Einspeisestatistik für erneuerbare Energien (Windenergie) berücksichtigen, um diese möglichst effizient zu nutzen. Die Erneuerbare Strategie ermittelt für jedes Fahrzeug die im Aufenthaltszeitraum zur Verfügung stehende Windenergie und stellt diese prozentual an den Anschluss zu. Ziel ist wieder die Komplettladung erst am Ende des Aufenthalts zu erreichen. Es ergibt sich also eine gleichmäßige Gewichtung des Ladens um bei einer hohen Einspeisung schneller zu laden und bei einer niedrigen Einspeisung langsamer.
- Kollaborativ: Diese Strategie verwendet, wie die Erneuerbare Strategie, ebenfalls die Informationen der Aufenthaltsdauer und der Einspeisung der Windenergie für die Steuerung des Ladens. Diese Strategie betrachtet aber die Gesamtheit aller Fahrzeuge um ein gemeinsames Optimum für die effiziente Nutzung der Windenergie zu finden. Dabei werden die Ladewünsche im Rahmen der Aufenthaltsdauer der Fahrzeuge so verschoben, dass eine hohe Windeinspeisung möglichst stark genutzt werden kann. D.h. bei einer niedrigen Einspeisung wird bei dieser Strategie gar nicht geladen. Bei einer Spitzeneinspeisung wird den Fahrzeugen die maximale Leistung von 11 kW zur Verfügung gestellt. Gleichzeitig wird die zur Verfügung gestellte Leistung für alle Fahrzeuge in einer Bilanz abgeglichen, um eine ausgeglichene Nutzung der Windenergie zu gewährleisten.

c. Simulationsergebnisse

Im nachfolgenden Abschnitt werden die Simulationsergebnisse für die Untersuchung der Ladestrategien vorgestellt. Dabei wird zunächst anhand der Einfachen Strategie der Zusammenhang des Ladens am Wohnort, am Arbeitsort und im gesamten Tagesverlauf dargestellt. Im zweiten Teil werden alle Ladestrategien für beispielhafte Szenarien der Windeinspeisung verglichen.

Das nachfolgende Diagramm (Abbildung 62) zeigt die Netzauslastung, die die einfache Strategie für das Laden der 6823 simulierten Fahrzeuge generiert. Dabei wird die Auslastung getrennt nach dem Wohn- und Arbeitsort einzeln, als auch Gesamt dargestellt. Speziell für den Wohnort (grüne Kurve) zeigt sich, dass in der Zeit von 0:00 Uhr bis 5:00 Uhr, wo die meisten Fahrzeuge laut der Abbildung der Aufenthaltsstatistiken am Wohnort stehen, eine nur geringe Last vorherrscht. Dies resultiert daher, dass die Fahrzeuge am Vortag wenn sie den Wohnort erreichen, sofort mit dem Laden mit der 11 kW Leistung beginnen. Die Spitzenlast ergibt sich also in der Zeit der Heimkehr von 16:00 Uhr bis 21:00 Uhr. Ebenso ergibt sich eine zweite kleinere Spitze der Fahrzeuge, die am Arbeitsort (blaue Kurve) laden von 7:00 Uhr bis 11:00 Uhr. Zu beachten ist, dass nur etwa 950 Fahrzeuge gleichzeitig am Arbeitsort stehen im Vergleich zu mehr als 6000 Fahrzeuge die gleichzeitig am Wohnort stehen. Diese wenigen Fahrzeuge generieren jedoch eine fast halb so große Lastspitze. Es handelt sich hier um die Fahrzeuge mit den langen bis sehr langen Anfahrtswegen, welche dann typischerweise auch einen erhöhten Energiebedarf zum vollen Laden haben. In der Gesamtstatistik ergibt sich die niedrigste Netzauslastung in der Zeit von 5:00 Uhr bis 7:00 Uhr. Diese Zeit korreliert ebenfalls mit dem Zeitraum, indem die Pendler meistens zwischen Wohn- und Arbeitsort unterwegs sind.

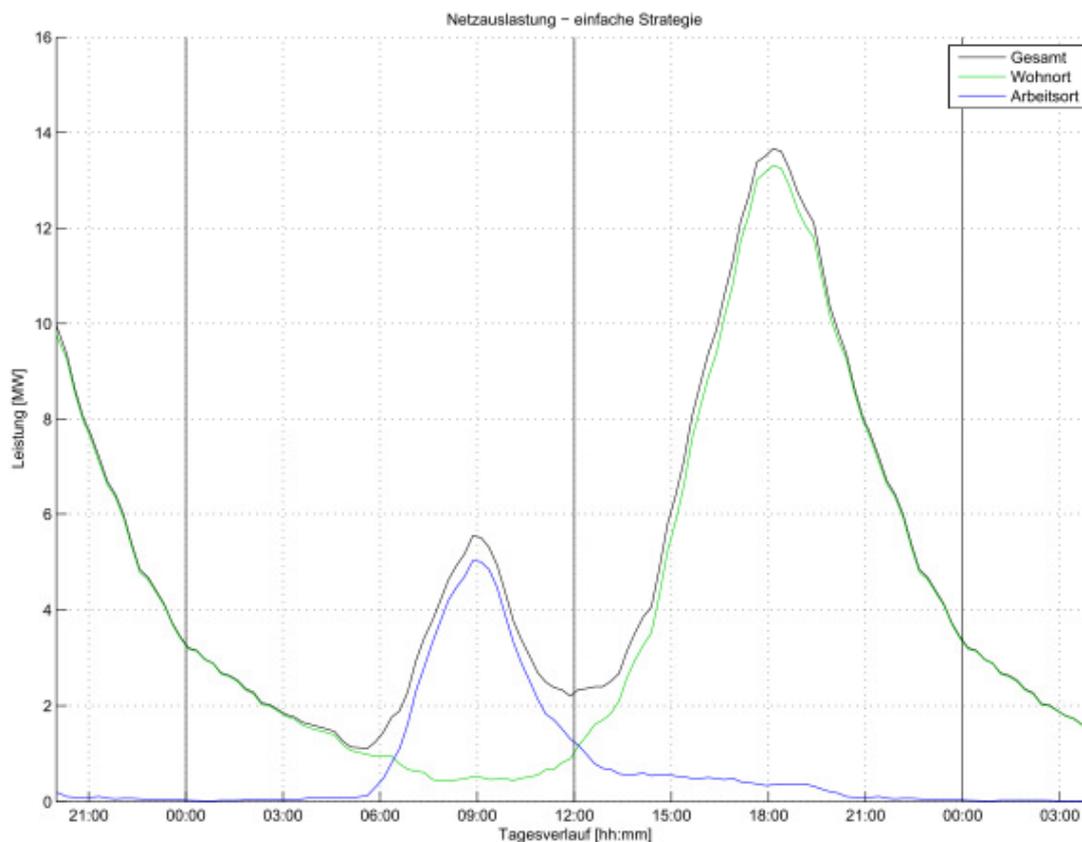


Abb. 62: Tagesverlauf der Netzauslastung durch die einfache Ladestrategie

In den nachfolgenden Abbildungen 63, 64 und 65 werden die Ladestrategien für drei verschiedene Tage mit verschiedenen Windenergie-Einspeisungen verglichen. Die Kurve der Windeinspeisung wird dabei immer auf der linken Seite dargestellt. Das jeweilige Diagramm setzt die Kurven in Richtung Vortag, als auch Folgetag fort. Die resultierende Netzauslastung der vier Ladestrategien ist auf der rechten Seite abgebildet. Dabei wird für jede Kurve die Gesamtauslastung mit Laden am Wohnort und Arbeitsort dargestellt.

Drei signifikante Tage werden für die Untersuchung verwendet:

- 24.06.2014 – typischer Sommertag mit relativ niedriger Einspeisung von Windenergie. Die Einspeisung nimmt im Tagesverlauf zunächst ab, hat in der Zeit zwischen 14:00 Uhr und 18:00 Uhr dann noch drei Spitzen bevor die Einspeisung wieder geringer wird. Um 0:00 Uhr gibt es noch eine kurze Spitze an erzeugter Windenergie.
- 09.09.2014 – Herbsttag bei dem die Einspeisung in Etappen zunimmt. Um 2:00 Uhr und um 7:00 Uhr ergeben sich zwei kleinere Spitzen. Von 13:00 Uhr bis 17:00 Uhr findet die höchste Einspeisung statt. Gegen 22:00 Uhr gibt es noch ein lokales Maximum. Die Einspeisung ist im Gegensatz zum Sommertag am 24.06.2014 generell um das 1.5 fache größer.
- 01.11.2014 – Herbsttag mit einem nahezu umgekehrten Verlauf der Einspeisung im Vergleich zum Herbsttag am 09.09.2014. Die Windeinspeisung nimmt zunächst ab auf eine relativ niedrige Leistung. Das Minimum befindet sich um die Mittagszeit. Ab 16:00 Uhr nimmt die Einspeisung stark zu. Die tatsächlichen Spitzen ergeben sich aber erst in der Nacht des Folgetags 02.11.2014 gegen 2:00 Uhr und 4:00 Uhr.

Für die resultierende Netzauslastung durch die unterschiedlichen Strategien ergeben sich folgende Ergebnisse:

- Augenmerk sollte zunächst auf der Achsenskalierung der gegenübergestellten Diagramme gelegt werden. Die resultierende Netzauslastung ist signifikant kleiner (im Durchschnitt mehr als der Faktor 100) als die eingespeiste Windenergie. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass sich die eingespeiste Windenergie auf das gesamte Netzgebiet von 50Hertz bezieht, also die Bundesländer Berlin, Brandenburg, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen beinhaltet. Bei der Netzauslastung werden nur die Weitpendler in Berlin und Brandenburg betrachtet. Da für die Untersuchungen die Tendenz der Windentwicklung und nicht die absoluten Werte relevant sind, ist dieses Vorgehen legitim.
- Die beiden Strategien Einfach (rot) und Zeitbasiert (schwarz) sind unabhängig von den Erneuerbaren Energien und daher an jedem Tag (in jedem Diagramm) gleich. Es ist aber gut zu sehen, wie schon die Zeitbasierte Strategie eine erhebliche Reduzierung der Spitzenlasten um die Hälfte ermöglicht. Die höchste Auslastung ergibt sich in diesem Falle genau in dem Zeitraum, wenn die meisten Fahrzeuge am Wohnort stehen und dort laden. Die Auslastung am Arbeitsort erstreckt sich über die gesamte Arbeitszeit.
- Die Netzauslastung der Strategie Erneuerbare (grün) folgt im Durchschnitt der Zeitbasierten Strategie. Es ist aber gut zu sehen, wie ein stärkeres Angebot an Windenergie stärker gewichtet und bei niedrigerer Einspeisung auch weniger belastet wird. So gibt es z. B. am 24.06.2014 eine Untergewichtung am Vormittag und am Abend, dafür eine stärkere Gewichtung während der drei Spitzen von 14:00 Uhr bis 18:00 Uhr. Am 09.09.2014 wird das Netz in der Zeit der einzelnen kleineren Spitzen etwas stärker belastet. Am 01.11.2014 ist insbesondere eine starke Untergewichtung in der Mittagszeit zu sehen, wo sich auch das Minimum der Windeinspeisung befindet.

- Bei der Kollaborativen Strategie (blau) fallen zunächst die relativ hohen Lastspitzen auf. Diese sind ein Resultat der besonderen Gewichtung von hohen Einspeisungen. Dafür gibt es auch längere Zeiträume in denen überhaupt keine Belastung stattfindet. Bei genauem Vergleich passen die Lastspitzen zeitlich exakt zu den Spitzen im Angebot. Am 24.06.2014 befinden sich diese zu den Zeiten von 1:00 Uhr, den drei Spitzen zwischen 14:00 Uhr und 18:00 Uhr und um 0:00 Uhr. Am 09.09.2014 verteilen sich die Spitzen über den Tag, exakt übereinstimmend mit den Maxima der Windeinspeisung. Am 01.11.2014 selbst garantiert die Kollaborative Strategie für die meisten Fahrzeuge eine volle Ladung vom Vortag (31.10.2014) bzw. verschiebt die Ladevorgänge in die Spitzenzeiten am Folgetag. Nennenswerte Auslastung wird hauptsächlich für die Lader am Arbeitsplatz verwendet. Aufgrund der generell sehr hohen Referenzwerte für die Windeinspeisung in der Größenordnung von mehreren 1000 MW im Vergleich zum Bedarf in der Größenordnung von 10 MW ergeben sich für die Kollaborative Strategie diese hohen Spitzen. Wenn jedoch noch viel mehr als die untersuchten 6823 Fahrzeuge mit dieser Strategie geladen werden, wird sich der ausgleichende Charakter dieser Strategie noch besser abzeichnen.

- Ergebnisse für den 24.06.2014

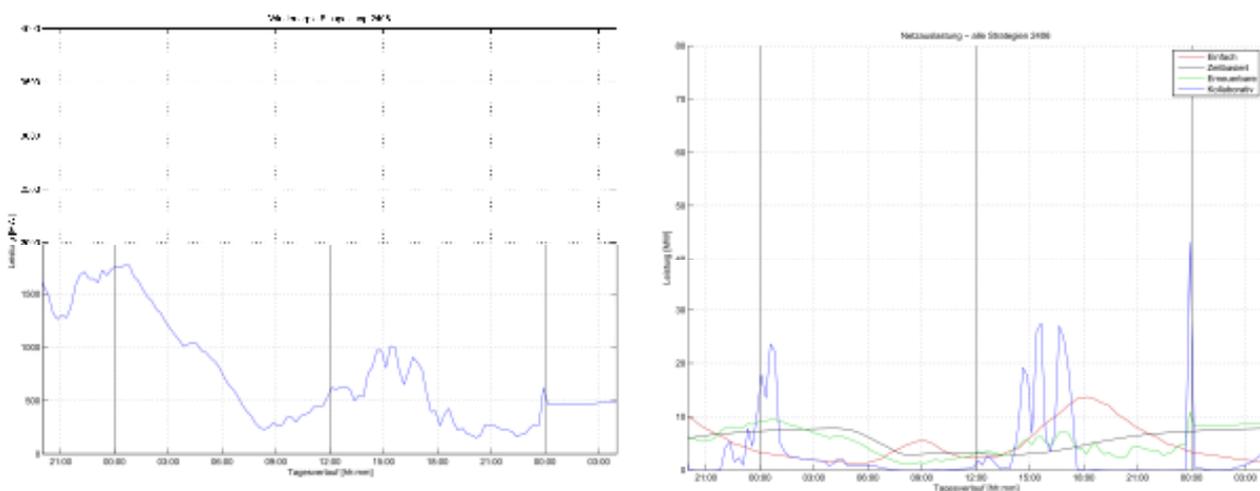


Abb. 63: Vergleich der Ladestrategien am 24.06.2014

- Ergebnisse für den 09.09.2014

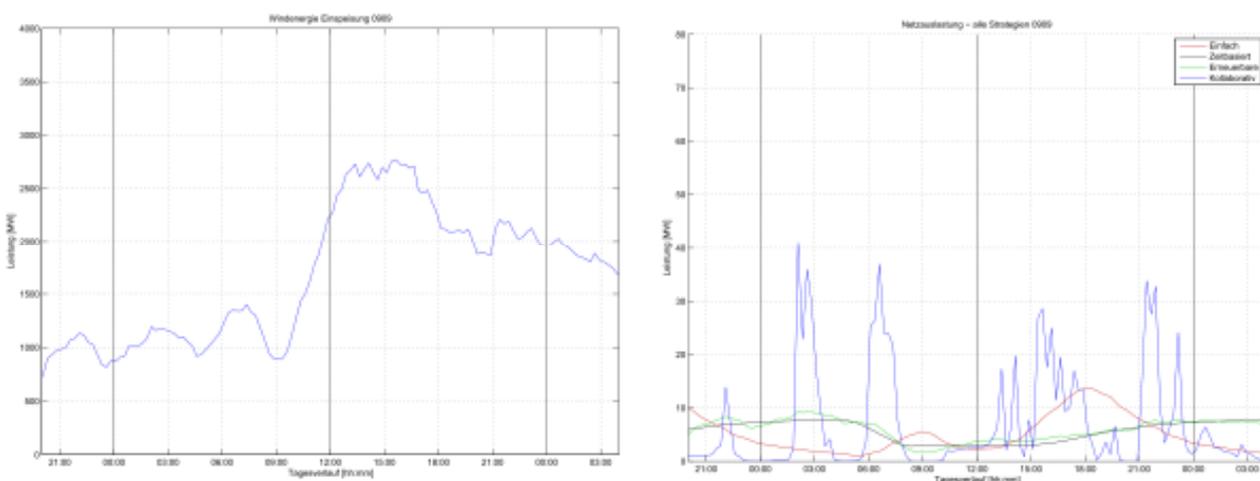


Abb. 64: Vergleich der Ladestrategien am 09.09.2014

- Ergebnisse für den 01.11.2014

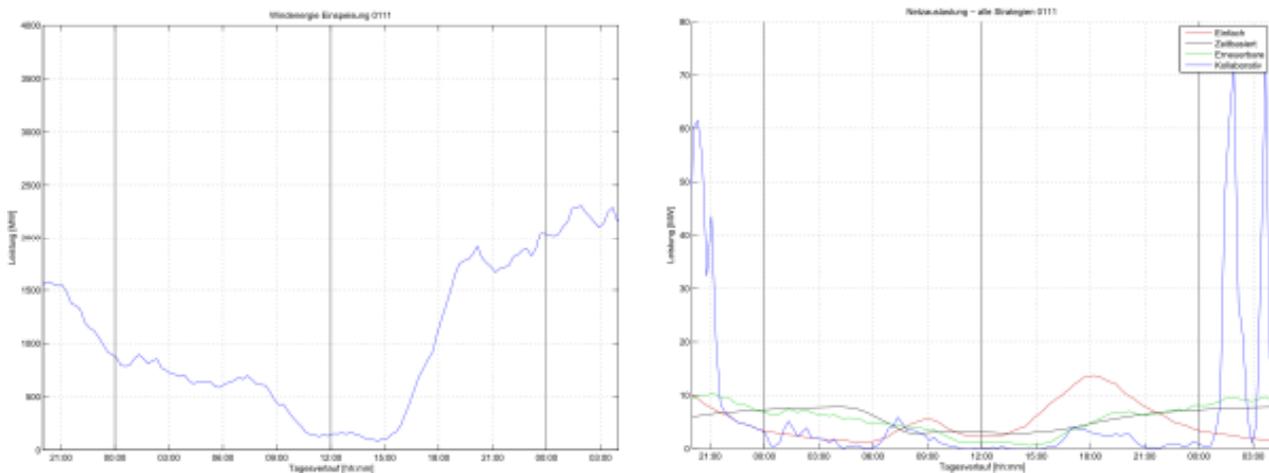


Abb. 65: Vergleich der Ladestrategien am 01.11.2014

d. Zusammenfassung der Ergebnisse zum gesteuerten Laden

Es konnte gezeigt werden, dass die untersuchten Strategien zum gesteuerten Laden so optimiert werden können, dass Ladevorgänge von Elektrofahrzeugen so durchgeführt werden, dass möglichst effizient überschüssige Energie zum Aufladen der Fahrzeuge verwendet wird. Die optimierten Ladestrategien sind in der Lage, flexibel auf die jeweils zur Verfügung stehende Windenergie zu reagieren. Dies ist besonders wichtig, da aufgrund unterschiedlichen Wetters der Verlauf der erzeugten Windenergie sich von Tag zu Tag stark unterscheidet. Die optimierten Ladestrategien helfen, Windenergie effizienter zu nutzen und stellen trotzdem sicher, dass ein Elektrofahrzeug zum gewünschten Zeitpunkt voll aufgeladen ist.

6.3 Fazit

In AP 600 stand die ganzheitliche Betrachtung der Elektromobilität im Mittelpunkt – unter Berücksichtigung aller beteiligten Sektoren vom Fahrzeug, über Energie, Verkehr und schließlich Nutzern / Kunden. Ein besonderer Fokus wurde dabei auf neuartige Anwendungen und Systeme aus dem Bereich „Intelligent Vernetzte Mobilität“ gelegt, um die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems Elektromobilität zu erhöhen und die Nutzung von Elektrofahrzeugen für Fahrer komfortabler und für Infrastrukturbetreiber effizienter zu machen. Die vernetzte Mobilität, die eine Kommunikation zwischen (Elektro)-Fahrzeug, (Lade)-Infrastruktur, Dienst Anbietern und Energienetzbetreibern ermöglicht, kann viele Vorgänge rund um die Elektromobilität automatisieren. Damit können Lösungen realisiert werden, die Komfort und Effizienz für Nutzer und Betreiber erhöhen. Um das Potenzial der vernetzten Mobilität voll ausschöpfen zu können, sollten folgende Forschungsprojekte weitere Lösungen entwickeln, die den kooperativen Informationsaustausch zwischen allen Akteuren nutzen.

6.4 Literatur

- R. Protzmann, B. Schuenemann, I. Radusch: *The Influences of Communication Models on the Simulated Effectiveness of V2X Applications*. *IEEE Communications Magazine*, Volume 49, Issue 11, pp. 149-155, November 2011, ISSN: 0163-6804
- K. Katsaros, R. Kernchen, M. Dianati, D. Rieck, C. Zinoviou: *Application of vehicular communications for improving the efficiency of traffic in urban areas*. *Wireless Communications and Mobile Computing*, November 2011. John Wiley & Sons, Ltd, ISSN: 1530-8677
- B. Schuenemann: *V2X Simulation Runtime Infrastructure VSimRTI: An Assessment Tool to Design Smart Traffic Management Systems*. *Computer Networks*, Volume 55, Issue 14, pp. 3189-3198, October 2011. Elsevier North-Holland, Inc., New York, NY, USA, ISSN: 1389-1286
- B. Schuenemann, J. W. Wedel, I. Radusch: *V2X-Based Traffic Congestion Recognition and Avoidance*. *Tamkang Journal of Science and Engineering*, vol. 13, no. 1, pp. 63-70, March 2010. Tamkang University Press, Tamsui, Taiwan, R.O.C., ISSN: 1560-6686
- K. Hübner, B. Schünemann, I. Radusch: *Sophisticated Route Calculation Approaches for Microscopic Traffic Simulations*. *Proceedings of the 8th International Conference on Simulation Tools and Techniques (SIMUTools '15)*, Athens, Greece, pp.147-154, 2015, ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering), Brussels, Belgium, ISBN: 978-1-63190-079-2
- C. Sommer, J. Härri, F. Hrizi, B. Schünemann, F. Dressler: *Simulation Tools and Techniques for Vehicular Communications and Applications*. *Vehicular ad hoc Networks*, pp.365-392, 2015, C. Campolo and A. Molinaro and R. Scopigno, Springer International Publishing, ISBN: 978-3-319-15496-1
- D. Rieck, B. Schünemann, I. Radusch: *Advanced Traffic Light Information in OpenStreetMap for Traffic Simulations*. *Modeling Mobility with Open Data, Lecture Notes in Mobility*, pp.25-34, March 2015, M. Behrisch and M. Weber, Springer International Publishing, ISBN: 978-3-319-15023-9
- R. Protzmann, B. Schünemann, I. Radusch: *On site-specific propagation models for the evaluation of V2X applications*. *Communication Technologies for Vehicles (Nets4Cars-Fall)*, 2014 7th International Workshop on , pp.35-39, Oct 2014, ISBN: 978-1-4799-5270-0
- R. Protzmann, B. Schünemann, I. Radusch: *A Sensitive Metric for the Assessment of Vehicular Communication Applications*. *Advanced Information Networking and Applications (AINA)*, 2014 IEEE 28th International Conference on , pp.697-703, 13-16 May 2014, ISBN: 978-1-4799-3629-8
- R. Protzmann, K. Massow, I. Radusch: *On performance estimation of prefetching algorithms for streaming content in automotive environments*. *Wireless On-demand Network Systems and Services (WONS)*, 2014 11th Annual Conference on , pp.147, 2-4 April 2014, ISBN: 978-1-4799-4937-3
- R. Protzmann, B. Schünemann, I. Radusch: *Effects of Random Number Generators on V2X Communication Simulation*. *AsiaSim 2013, Communications in Computer and Information Science*, vol. 402, pp. 200-211, 2013, Springer Berlin Heidelberg, ISBN: 978-3-642-45036-5
- D. Chuang, B. Schünemann, D. Rieck, I. Radusch: *GRIND: An Generic Interface for Coupling Power Grid Simulators with Traffic, Communication and Application Simulation Tools*. *SIMUL 2013, The Fifth International Conference on Advances in System Simulation*, pp. 174-177, 27-31 October 2013, ISBN: 978-1-61208-308-7
- R. Protzmann, K. Mahler, K. Oltmann, I. Radusch: *Extending the V2X simulation environment VSimRTI with advanced communication models*. *ITS Telecommunications (ITST)*, 2012 12th International Conference on , pp.683,688, 5-8 Nov. 2012, ISBN: 978-1-4673-3071-8

- B. Schünemann, D. Rieck, I. Radusch: *Performance and scalability analyses of federation-based V2X simulation systems*. *Ad Hoc Networking Workshop (Med-Hoc-Net), 2012 The 11th Annual Mediterranean*, pp.119-126, 19-22 June 2012, ISBN: 978-1-4673-2038-2
- C. Zinoviou, K. Katsaros, R. Kernchen, M. Dianati: *Performance evaluation of an Adaptive Route Change application using an integrated cooperative ITS simulation platform*. *Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), 2012 8th International*, pp.377-382, 27-31 Aug. 2012, ISBN: 978-1-4577-1378-1
- S. Lobach, I. Radusch: *Integration of Communication Security into Advanced Simulation Environments for ITS*. *Vehicular Technology Conference (VTC Fall), 2011 IEEE, San Francisco, CA, 5-8 Sept. 2011*, ISSN: 1090-3038, Print ISBN: 978-1-4244-8328-0
- K. Katsaros, R. Kernchen, M. Dianati, D. Rieck: *Performance study of a Green Light Optimized Speed Advisory (GLOSA) application using an integrated cooperative ITS simulation platform*. *Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), 2011 7th International*, pp.918-923, 4-8 July 2011, ISBN: 978-1-4244-9539-9
- N. Bißmeyer, B. Schünemann, I. Radusch, C. Schmidt: *Simulation of attacks and corresponding driver behavior in vehicular ad hoc networks with VSimRTI*. In *Proceedings of the 4th International ICST Conference on Simulation Tools and Techniques (SIMUTools '11)*. ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering), ICST, Brussels, Belgium, Belgium, 162-167, ISBN: 978-1-936968-00-8
- R. Protzmann, B. Schuenemann, I. Radusch: *The Influences of Communication Models on the Simulated Effectiveness of V2X Applications*. *Vehicular Networking Conference (VNC), 2010 IEEE, Jersey City, NJ*, pp. 102 - 109, Dec. 2010, ISBN: 978-1-4244-9526-9
- D. Rieck, B. Schuenemann, I. Radusch, C. Meinel: *Efficient Traffic Simulator Coupling in a Distributed V2X Simulation Environment*. *SIMUTools '10: Proceedings of the 3rd International ICST Conference on Simulation Tools and Techniques, Torremolinos, Malaga, Spain, 2010*. ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering), ICST, Brussels, Belgium, pp. 1-9, ISBN: 978-963-9799-87-5
- T. Benz, B. Schuenemann, R. Kernchen, M. Killat, A. Richter: *A Comprehensive Simulation Tool Set for Cooperative Systems*. *Advanced Microsystems for Automotive Applications 2010 : Smart Systems for Green Cars and Safe Mobility*, pp. 411-422, May 2010, G. Meyer and J. Valldorf, Springer Berlin, Germany, ISBN: 978-3-642-12647-5
- J. W. Wedel, B. Schuenemann, I. Radusch: *V2X-Based Traffic Congestion Recognition and Avoidance*. *Parallel Architectures, Algorithms, and Networks, International Symposium on*, pp. 637-641, 2009 *10th International Symposium on Pervasive Systems, Algorithms, and Networks, 2009*. IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, USA, ISBN: 978-0-7695-3908-9
- N. Naumann, B. Schuenemann, I. Radusch, C. Meinel: *Improving V2X Simulation Performance with Optimistic Synchronization*. *Services Computing Conference, 2009. APSCC 2009. IEEE Asia-Pacific*, pp. 52-57, Singapore, December, 2009. IEEE Xplore, ISBN: 978-1-4244-5338-2
- N. Naumann, B. Schuenemann, I. Radusch: *VSimRTI - Simulation Runtime Infrastructure for V2X Communication Scenarios*. *Proceedings of the 16th World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services (ITS Stockholm 2009)*, Stockholm, Sweden, September 2009
- T. Queck, B. Schuenemann, I. Radusch, C. Meinel: *Realistic Simulation of V2X Communication Scenarios*. *Asia-Pacific Conference on Services Computing. 2006 IEEE*, vol. 0, no. 0, pp. 1623-1627, 2008 IEEE

Asia-Pacific Services Computing Conference, 2008. IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, USA, ISBN: 978-0-7695-3473-2

- T. Queck, B. Schuenemann, I. Radusch: *Runtime Infrastructure for Simulating Vehicle-2-X Communication Scenarios. In Proceedings of the Fifth ACM international Workshop on Vehicular inter-Networking, San Francisco, California, USA, September 15, 2008. VANET '08. ACM, pp. 78, New York, NY, USA, ISBN: 978-1-60558-191-0*
- B. Schuenemann, K. Massow, I. Radusch: *A Novel Approach for Realistic Emulation of Vehicle-2-X Communication Applications. Vehicular Technology Conference, 2008. VTC Spring 2008. IEEE, pp. 2709-2713, Singapore, May 11-14, 2008, IEEE Press, New York, ISBN: 978-1-4244-1644-8*
- B. Schuenemann, K. Massow, I. Radusch: *Realistic Simulation of Vehicular Communication and Vehicle-2-X Applications. In Proceedings of the 1st international Conference on Simulation Tools and Techniques For Communications, Networks and Systems & Workshops (Simutools '08), Marseille, France, March 03 - 07, 2008. ICST (Institute for Computer Sciences Social-Informatics and Telecommunications Engineering), ICST, Brussels, Belgium, pp. 1-9, ISBN: 978-963-9799-20-2*

7 AP 700 – Geschäftsmodellierung

7.1 Einleitung

Ein Geschäftsmodell umfasst alle Aspekte und logischen Zusammenhänge, die eine nachhaltig erfolgreiche Unternehmenstätigkeit ermöglichen. Insbesondere verdeutlicht es, welchen Mehrwert eine Unternehmung dem Kunden bringt und wie Erträge generiert werden.

Die in der folgenden Abbildung charakterisierten Aspekte sind in Bezug auf die Elektromobilität besonders relevant:

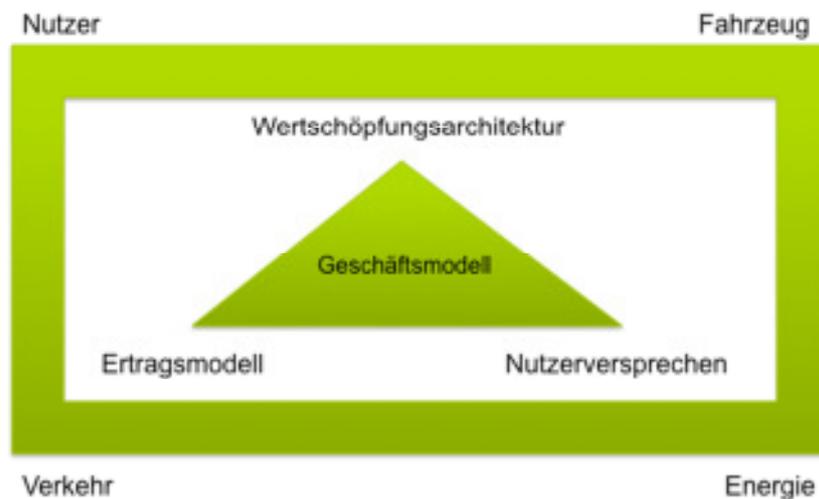


Abb. 66: Geschäftsmodell der Elektromobilität

Im Hinblick auf den Schutz unserer Umwelt, begrenzte Ressourcen und eine Reduzierung der CO₂-Emissionen gewinnen schadstoffarme Verkehrssysteme immer weiter an Bedeutung. Das hoffnungsvollste und vielversprechendste Mittel dafür ist das Elektroauto. Kommt der Strom, mit dem das Elektroauto betankt wird, aus erneuerbaren Energiequellen, so ermöglicht es eine zu 100 % CO₂-freie Mobilität. Seit einigen Jahren steigt – zwar langsam, aber kontinuierlich – der Anteil von Elektroautos in Deutschland, bisher vorwiegend Kleinserienfahrzeuge. Erklärtes Ziel der Bundesregierung ist es, bis 2020 eine Million Elektroautos auf deutschen Straßen zu haben. Ende 2014 war der Stand bei ca. 19.000¹ Elektrofahrzeugen, damit wurden die bis dahin anvisierten 100.000² recht deutlich verfehlt, jedoch ist das Gesamtziel weiterhin realisierbar.

Da die Elektromobilität bezogen auf eine flächendeckende Verbreitung eine neue, unbekannte Technologie darstellt, dessen Organisation komplex und andersartig ist, werfen Geschäftsmodelle in der Elektromobilität viele neue Probleme auf. Derzeit entstehen schnell neue Märkte mit neuen Marktteilnehmern und Geschäftsformen. Bereits etablierte Akteure müssen mit der Neuordnung ihrer bestehenden Wertschöpfungskette Entscheidungen über eine Positionierung ihrer Aktivitäten treffen. Diese Neuordnung bietet Raum und Potenzial für etablierte Akteure wie Automobilhersteller und Zulieferer, aber auch für

¹ Vgl. Statista (2015).

² Vgl. BMUB (2009).

bisher nicht beteiligte Industriezweige wie Energieversorgungsunternehmen, Batteriehersteller oder Unternehmen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie. Zentral ist an dieser Stelle, die Bedürfnisse und Wünsche der Kunden in der Elektromobilität zu erkennen und entsprechende Geschäftsmodelle zu identifizieren und zu realisieren. Die Geschäftsmodelle sollten unter den gegebenen Rahmenbedingungen technische und ökonomische Potenziale aufweisen und dazu beitragen, die Verbreitung der Elektromobilität voranzubringen.

Für konventionelle Fahrzeuge liegt der Fokus der Automobilhersteller darauf, ihr Fahrzeug zu verkaufen und angebotene Serviceleistungen hauptsächlich als unterstützendes Mittel einzusetzen, um den Absatz und die Kundenbindung zu erhöhen. Die klassische Definition eines Geschäftsmodells in der Automobilbranche lässt sich daher nur schwer auf Geschäftsmodelle der Elektromobilität übertragen. Die mangelnde Übertragbarkeit ist damit zu begründen, dass es neben den hohen Anschaffungskosten des Fahrzeugs technologische Einschränkungen gibt, z. B. beim Aufbau der Ladeinfrastruktur oder die geringe Reichweite. Somit müsste bei der Beibehaltung des klassischen Geschäftsmodells der Nutzer mehr für sein Fahrzeug bezahlen, wäre aber aufgrund der kürzeren Reichweite in seiner Mobilität eingeschränkt. Aus diesem Grund müssen Nutzenmodelle, aber auch die Wertschöpfungsarchitektur und das Ertragsmodell spezifisch auf die Kundenbedürfnisse und die Akteure der gesamten Wertschöpfungskette (Anreizkompatibilität) zugeschnitten werden.

Im Folgenden wird ausgehend von den bestehenden Markteintrittsbarrieren ein Grundmodell erstellt, in dem grob die beteiligten Akteure und Prozesse dargestellt sind. Darauf aufbauend erfolgt in den Kapiteln 3 und 4 getrennt nach Fokusdomänen eine detaillierte Betrachtung der Akteure. Diese Betrachtung beinhaltet insbesondere die Prozesskette, das Ertragsmodell und jeweils ein Modell, welches die Markteintrittsbarrieren berücksichtigt und in der Lage ist, diese zu verringern. In Kapitel 5 wird ein Prognosenachfragemodell betrachtet, welches mit Hilfe von verschiedenen externen und internen Einflussfaktoren die Wichtigkeit dieser abbilden kann. Anschließend erfolgen im 6. Kapitel eine kurze Zusammenfassung sowie eine Auflistung der verwendeten Literatur im letzten Kapitel.

7.2 Markteintrittsbarrieren und Grundmodell

Fundamental für Geschäftsmodelle in der Elektromobilität ist, dass sie auf die Wünsche und Bedürfnisse der Kunden eingehen und die bestehenden Markteintrittsbarrieren reduzieren. Neben der Analyse der Markteintrittsbarrieren waren die ersten Schritte die Erfassung der relevanten Aktivitäten und deren Rollen in verschiedenen Kernprozessen der Elektromobilität. Weiterhin wurden Substitutionsmöglichkeiten bei der Gestaltung von Prozessketten erfasst und das Grundmodell als Grundlage für die Marktmodellierung aufgestellt.

Markteintrittsbarrieren bezeichnen Hindernisse, die einen Markteintritt wesentlich erschweren bzw. verhindern könnten. Diese können in sämtlichen Bereichen und Prozessen auftauchen und verschiedene Akteure betreffen.

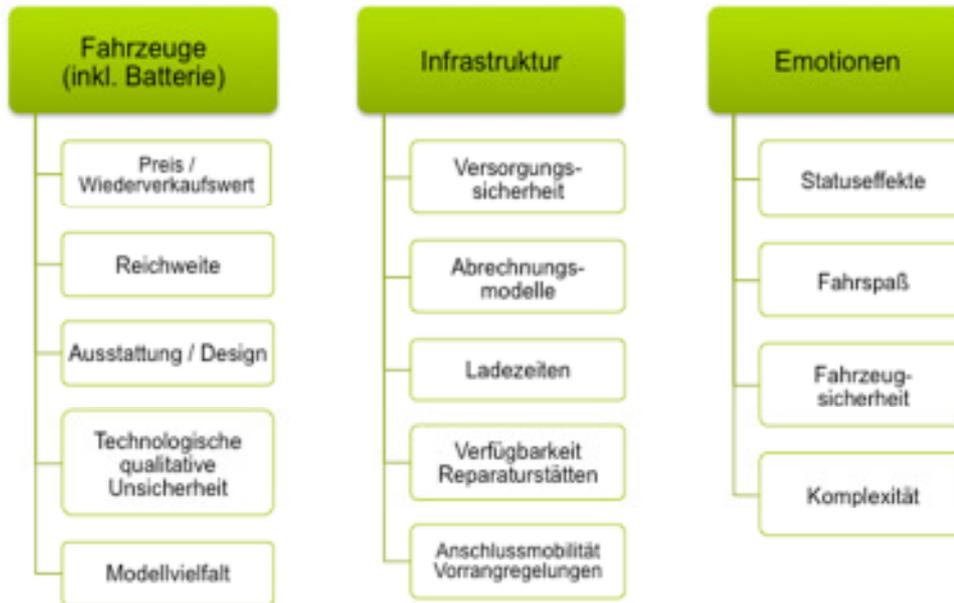


Abb. 67: Markteintrittsbarrieren auf Endkundenebene

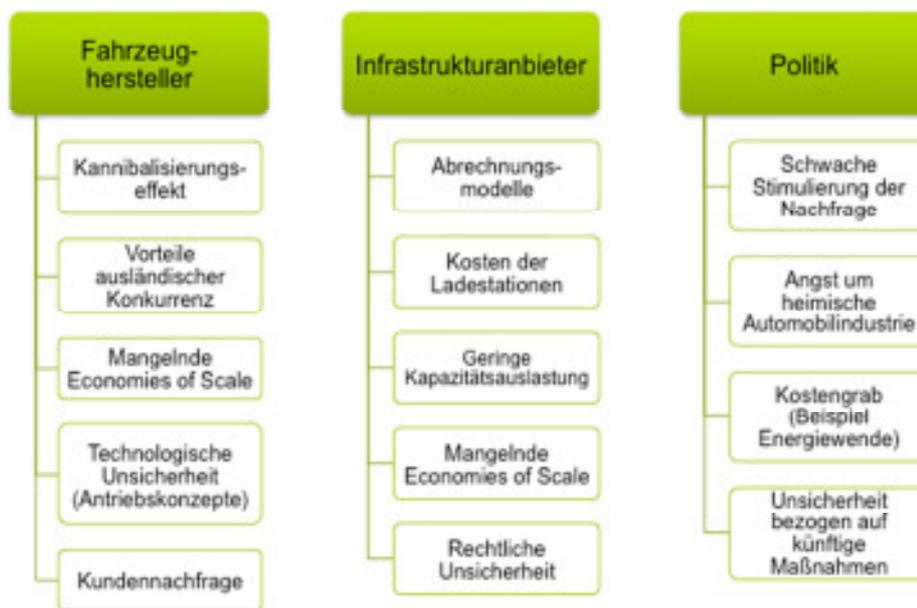


Abb. 68: Markteintrittsbarrieren aus Akteursicht

Bezüglich der Markteintrittsbarrieren wurden zwei verschiedene Perspektiven betrachtet, welche durch die Abbildungen 67 und 68 verdeutlicht werden. Die beiden Perspektiven sind zum einen die Endkundensicht und zum anderen die Akteursicht. Bei der Endkundensicht ließen sich drei übergeordnete Kategorien für die Markteintrittsbarrieren identifizieren: Fahrzeuge, Infrastruktur und Emotionen. Bezogen auf das Fahrzeug stellen die beiden Aspekte Preis und Reichweite die größten Hindernisse dar.¹ Eng damit verbunden

¹ Vgl. International Energy Agency (2011).

sind im Hinblick auf die Infrastruktur die Punkte Abrechnungsmodelle und Ladezeiten. Hier finden wir eine sogenannte „Henne-Ei-Problematik“¹ vor, auf die später im Detail eingegangen wird: Potenzielle Kunden kaufen kein Elektroauto aufgrund fehlender Ladeinfrastruktur und den damit verbundenen Reichweitenängsten. Gleichzeitig fehlen Investoren, die in die Ladeinfrastruktur investieren, weil nicht ausreichend Kunden vorhanden sind bzw. diese ihr Fahrzeug zu Hause laden. Folglich nimmt die Amortisation einen längeren Zeitraum in Anspruch.

Die Akteure wurden grob unterschieden in Fahrzeughersteller, Infrastrukturanbieter und Politik. Hierbei werden die Fokusdomänen Verkehr und Energie unter dem Oberbegriff Infrastruktur zusammengefasst. Demnach wurden alle vier zu betrachtenden Fokusdomänen hinsichtlich ihrer Markteintrittsbarrieren untersucht. Die bereits angesprochene „Henne-Ei-Problematik“ lässt sich auch hier wieder im Bereich der Infrastrukturanbieter erkennen. Für den Automobilhersteller folgen daraus fehlende (oder nur geringe) Economies of Scale. Daraus resultieren höhere Produktionskosten, die wiederum zu einem hohen Anschaffungspreis des Elektrofahrzeugs führen, welcher aus einer geringen Nachfrage resultiert. Die Markteintrittsbarrieren zeigen sehr deutlich, dass ein großer Bedarf nach innovativen, gewinnbringenden und insbesondere ganzheitlichen sowie akteursübergreifenden Geschäftsmodellen besteht.

Zur Aufstellung des Grundmodells wurden im ersten Schritt die jeweiligen Kernprozesse vom Fahrzeug, Ladeprozess und Verkehrsinfrastruktur betrachtet. Anschließend wurde untersucht, welche der Aktivitäten innerhalb der Kernprozesse substituierbar sind, um im nächsten Schritt entsprechende Alternativen zu erfassen.

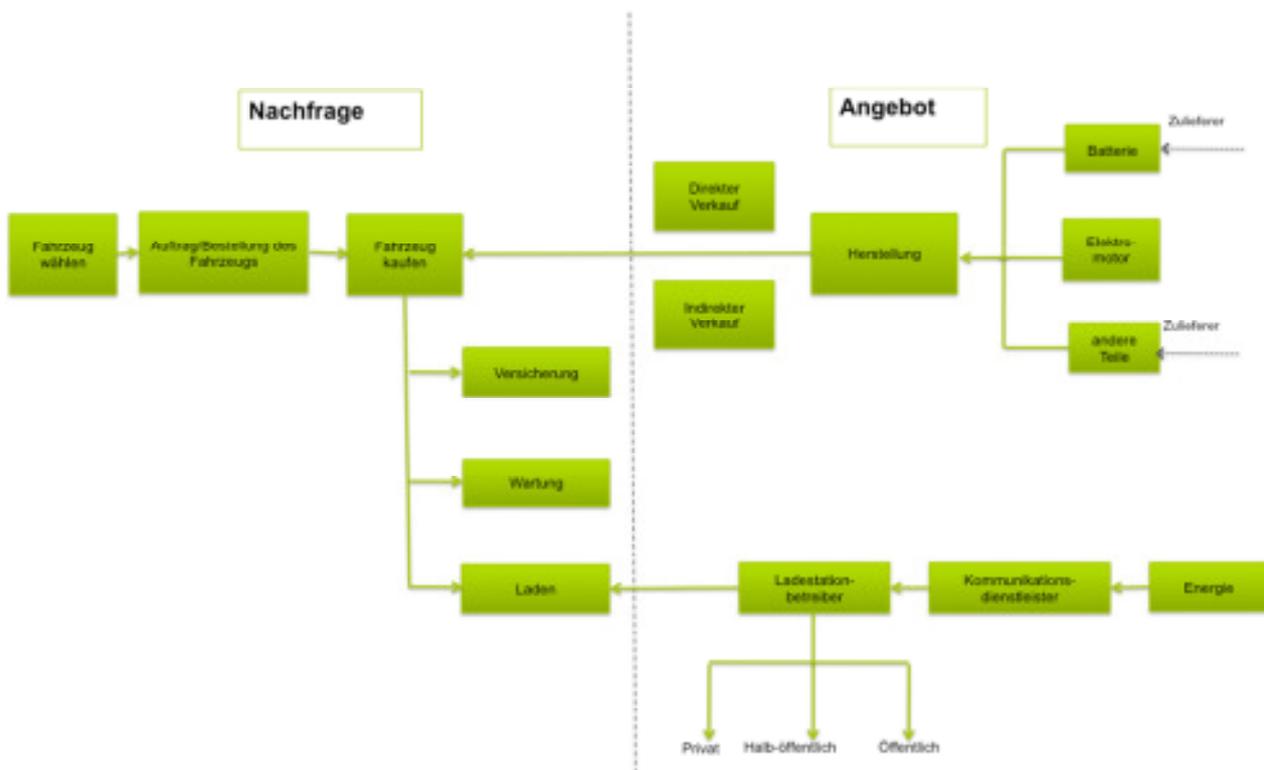


Abb. 69: Grundmodell

¹ Vgl. Meister (2010); Freitag (2013); Bachmüller u.a. (2013).

Abbildung 69 liefert einen zusammenfassenden Überblick über das Grundmodell, die jeweiligen Prozesse sowie die Interdependenzen zwischen den verschiedenen Prozessen und Akteuren. In den folgenden Kapiteln werden die jeweiligen Prozesse im Detail betrachtet.

7.3 Fokusdomäne Fahrzeug: Prozesskette, Ertragsmodell, Closed-Loop Supply-Chain

Die Prozesskette des Automobilherstellers in der Elektromobilität lässt sich der folgenden Abbildung 70 entnehmen. Dabei wurde eine Untergliederung der Prozesskette in Aktivitäten vor dem Verkauf und Aktivitäten nach dem Verkauf vorgenommen.

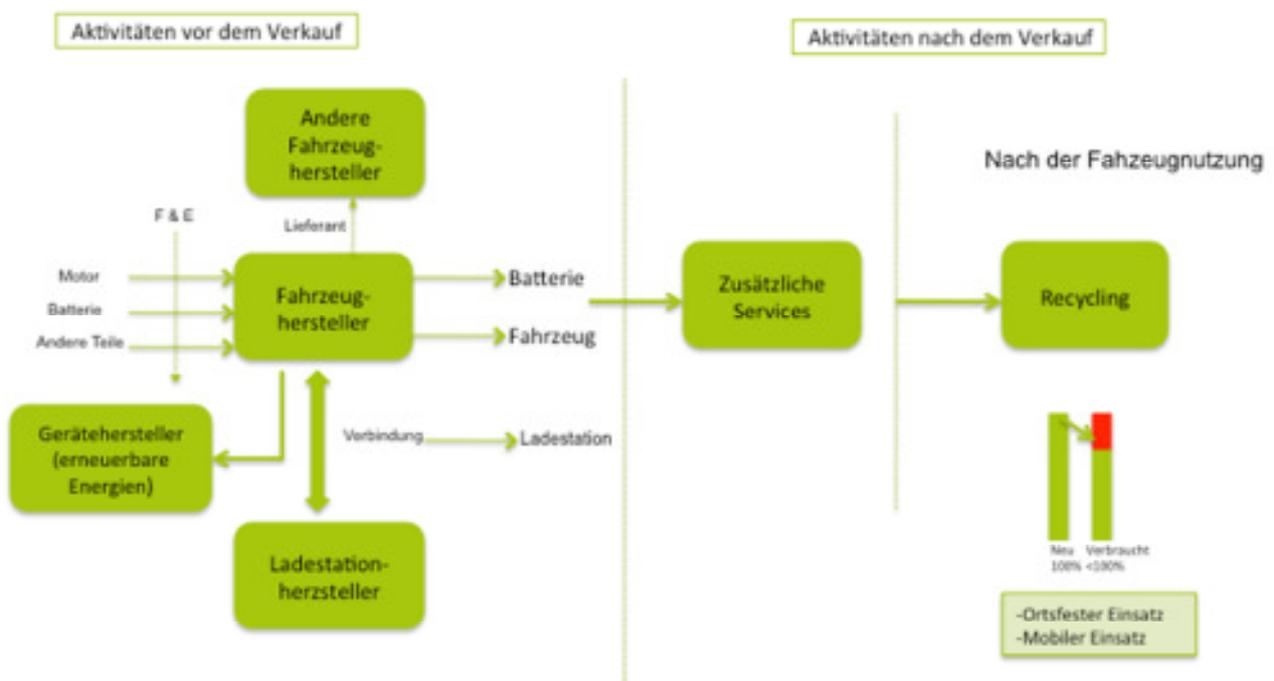


Abb. 70: Prozesskette des Automobilherstellers

Deutsche Automobilhersteller könnten ihre derzeit starke Marktstellung im Segment des Fahrzeugbaus mit Verbrennungsmotor erfolgreich auf den Elektrofahrzeugmarkt ausweiten. Sie besitzen dabei die Schnittstelle zwischen dem Kunden und den Lieferanten und haben dabei einen großen Einfluss auf die Organisation der Lieferkette. Zur Verhinderung eines Verlustes ihrer Marktmacht haben einige Fahrzeughersteller¹ stark in eine eigene Entwicklung und Produktion von Batteriemodulen investiert, so dass sie über hohe Kompetenzen im Bereich der Integration von Batteriesystemen im Elektrofahrzeug verfügen.

Abbildung 70 verdeutlicht, dass es für einen Automobilhersteller – insbesondere im Bereich der Elektromobilität – entscheidend ist, neben dem Kernprodukt Elektrofahrzeug auch zusätzliche Services und Dienstleistungen anzubieten. Diese sollten möglichst individuell den Wünschen und Vorstellungen des Kunden angepasst werden. In obiger Abbildung sind damit die Aktivitäten nach dem Verkauf gemeint, insbesondere die zusätzlichen Services, die dabei helfen können, sich von den Wettbewerbern abzugrenzen und die Kundenbindung zu erhöhen.

¹ Vgl. Ecomonto (2014).

Diese zusätzlichen Dienstleistungen lassen sich in vier Kategorien einordnen: Technik, Multimedia, Mobilität sowie Finanzierung & Versicherung. Zu ersterer gehören insbesondere die Schwerpunkte Wartung und Garantie, die bei einer (für die meisten Nutzer) unbekannteren und unerprobten Technologie wie den Elektroautos, eine wichtige Rolle spielen, um Vertrauen aufzubauen. Die Kategorie Multimedia unterscheidet sich für Elektroautos kaum von konventionellen Fahrzeugen und beinhaltet unter anderem die Punkte Fernsteuerung, Navigation und Entertainment. Unter dem Punkt Mobilität ist das Laden des Elektroautos sowie die Lieferung der Energie zu verstehen. Dabei sollten Automobilhersteller beispielweise über eine Kooperation mit Energieversorgungsunternehmen nachdenken, um dem Kunden beide Lösungen aus einer Hand zu liefern. Auch eine multimediale Einbindung bietet sich in diesem Fall an, um dem Kunden stets die nächsten verfügbaren Ladesäulen in der Umgebung anzuzeigen. Die letzte Kategorie, Finanzierung & Versicherung, unterscheidet sich ebenfalls kaum von konventionellen Fahrzeugen. Allerdings ist es bei konventionellen Fahrzeugen nicht unüblich einzelne Bestandteile separat vom Fahrzeug zu finanzieren bzw. zu versichern. Beim Elektrofahrzeug kann bspw. die Batterie getrennt vom Fahrzeug betrachtet werden. Somit kann es, auch mit Blick auf die Markteintrittsbarrieren, sinnvoll sein, für die Batterie eine eigene, vom Auto separate Finanzierung anzubieten.

Abbildung 71 verdeutlicht, wie derzeit Automobilhersteller mit Elektrofahrzeugen Erträge erwirtschaften. Dabei wird zwischen direkten und indirekten Erträgen unterschieden. Zu den direkten Erträgen zählen bspw. der direkte Fahrzeugverkauf sowie Erträge, die aus Leasinggeschäften (Fahrzeug- und/oder Batterieleasing) erwirtschaftet werden können. Zu den indirekten Erträgen zählen bspw. staatliche Subventionen sowie die zuvor angesprochenen zusätzlichen Services.



Abb. 71: Ertragsmodell des Automobilherstellers

Um Gewinne zu steigern, sollte entweder die Nachfrage erhöht und/oder die Produktionskosten gesenkt werden. Wie bereits beschrieben und auch aus Abbildung 71 ersichtlich, nehmen Aktivitäten nach dem Verkauf dabei eine große Rolle ein. Auf die zusätzlichen Services wurde bereits eingegangen. Dabei wurde auf das Recycling, welches als ein notwendiger Service bezeichnet werden kann, nicht eingegangen. Dabei nimmt das Recycling beim Automobilhersteller eine wichtige Stellung ein, weil es unter anderem einen Brückenschlag zu den Prozessen vor dem Verkauf ermöglicht und dazu beiträgt, dass Automobilhersteller zusätzliche Erträge erwirtschaften können (siehe Zweitmarkt für Batterien).

Innerhalb des Recyclings des Elektrofahrzeugs ist das wichtigste Bauteil die Elektrofahrzeugbatterie. Das liegt zum einen daran, dass sie mit das teuerste Bauteil ist und somit enorme Einsparpotenziale bietet und zum anderen daran, dass Lithium als entscheidender Rohstoff zwar aktuell noch vergleichsweise günstig abbaubar ist, aber im Hinblick auf einen rasant wachsenden Elektroautomarkt in naher Zukunft Preisanstiege nicht auszuschließen sind.¹

In Deutschland wird das Batterierecycling durch das „Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Batterien und Akkumulatoren“ (Batteriegelgesetz – BattG) geregelt. Das Gesetz verpflichtet jeden Vertreiber, von ihm vertriebene Batterien vom Endnutzer unentgeltlich zurückzunehmen, was beim Thema Elektromobilität insbesondere den Automobilhersteller in die Pflicht nimmt, auch wenn er nicht zwangsläufig der Hersteller der Batterien sein muss.

Batterien können in Elektrofahrzeugen etwa 7-8 Jahre verwendet werden (je nach Ladung/Nutzung) bis sich die Kapazität nur noch im Bereich von 70-80 % des Originalwertes befindet.² Damit ist die Batterie für eine mobile Anwendung nicht mehr ausreichend, da die Reichweite erheblich abnimmt. Für stationäre Anwendungen als Energiespeicher (z. B. als Ladestationen in Kombination mit einer Solaranlage oder Erdenergie) reicht die Kapazität weiterhin aus.³ Das öffnet Türen für ein sogenanntes "Second Life der Batterien" und damit auch einen Sekundärmarkt, auf dem gebrauchte Elektrofahrzeugbatterien gewinnbringend vom Automobilhersteller weiter veräußert werden können. Die andere Alternative ist die Wiederaufbereitung der Batterie (Ersetzen und Erneuern der defekten Zellen), um so eine kostengünstige neue Batterie für Elektrofahrzeuge zur Verfügung zu stellen. Dieses Konzept führt zu einer „Closed-Loop-Supply-Chain“⁴, welche in folgender Abbildung dargestellt ist.

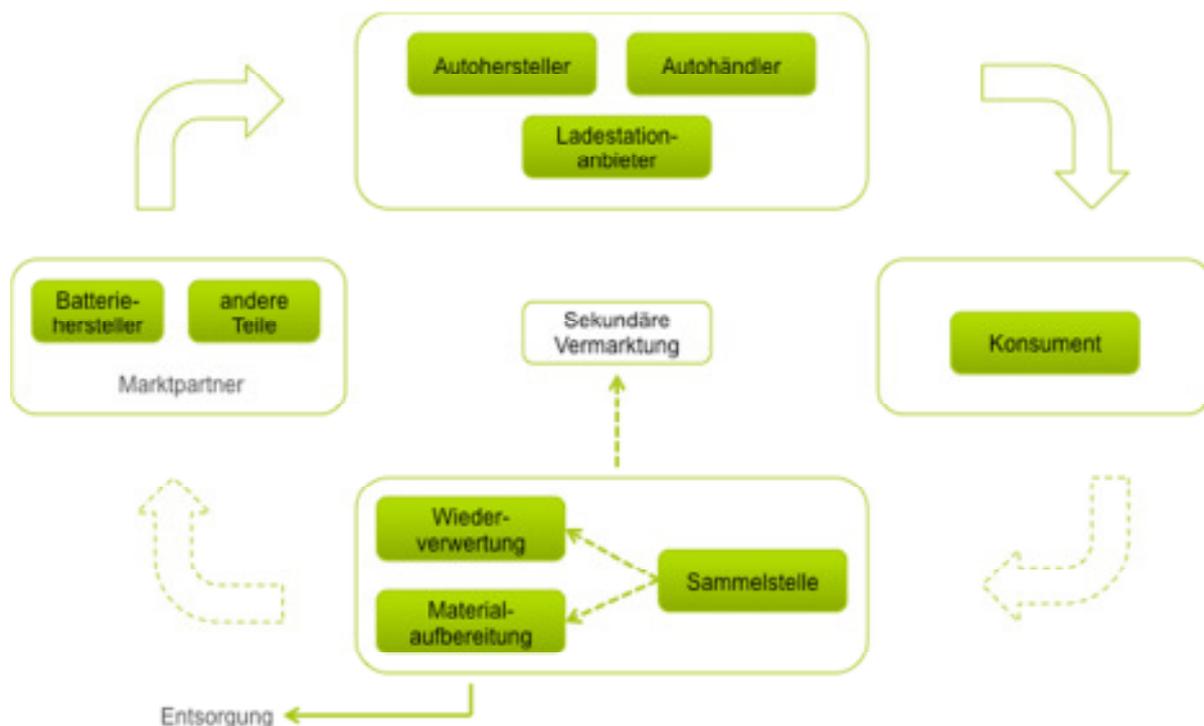


Abb. 72: Closed-Loop Supply-Chain

¹ Vgl. Austen (2015).

² Vgl. Strickland u.a. (2014), S. 801f.

³ Vgl. Lih u.a. (2012), S. 519.

⁴ Vgl. Guide u.a. (2003); Savaskan u.a. (2004).

Eine Closed-Loop-Supply-Chain und die Einbindung des Zweitmarkts für Batterien führen für den Automobilhersteller zu einer Veränderung der Ertrags- und Kostenstruktur. Insbesondere sind dabei die gesetzlichen Vorgaben, die geringe Nachfrage nach Elektroautos und die hohen Produktionskosten zu nennen. Eine Wiederverwertung bzw. Materialaufbereitung von gebrauchten Fahrzeugbatterien sowie die zusätzlichen Erträge aus der sekundären Vermarktung helfen dabei, die Produktionskosten zu senken. Dadurch ist es dem Automobilhersteller möglich, die Preise für die Elektroautos zu senken und somit die Nachfrage zu steigern. So kann der Automobilhersteller seinen Gewinn steigern und gleichzeitig seiner Verantwortung gegenüber der Umwelt gerecht werden und zwar durch ein besonderes Maß an Nachhaltigkeit.

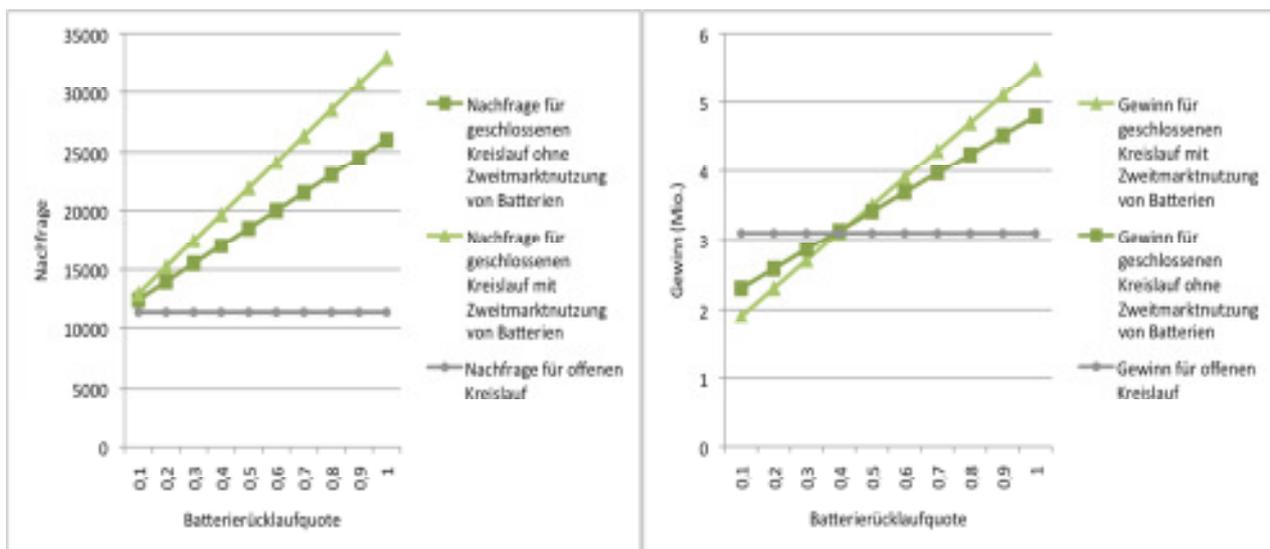


Abb. 73: Wirtschaftliche Betrachtung der Closed-Loop Supply-Chain

Aus Abbildung 73 wird ersichtlich, dass für den ökonomischen Erfolg einer Closed-Loop-Supply-Chain der wichtigste Einflussfaktor die Batterierücklaufquote ist. Je höher diese ist, desto höher sind sowohl die Nachfrage als auch der erzielbare Gewinn eines Automobilherstellers. Demnach muss der Kunde mit attraktiven Angeboten und komfortablen Services dazu motiviert werden, seine gebrauchte Batterie an den Automobilhersteller zurückzugeben, wenn die Kapazität für eine mobile Anwendung nicht mehr ausreicht.

Zu Grunde liegt der obigen Abbildung eine lineare Nachfragefunktion der Form $(a - \beta \cdot p)$, wobei a der Sättigungsmenge entspricht, β der Preiselastizität und p dem Preis. Der rechte Graph zeigt, dass sich die Einbindung des Zweitmarktes erst ab einer Rücklaufquote von ca. 30 % der Batterien lohnt. Dies ist mit den zusätzlichen Kosten zu erklären, die durch eine solche Zweitmarktaktivität entstehen würden. Auch wenn es sich hier um (noch) modellhafte Berechnungen handelt, so ist davon auszugehen, dass die Ergebnisse auf reale Marktbedingung bei einer zunehmenden Marktpenetration der Elektromobilität übertragbar sind.

7.4 Fokusdomänen Verkehr und Energie (Infrastruktur): Prozesskette, Ertragsmodell, Pricing-Model

Abbildung 74 zeigt die Prozesskette für die beiden Fokusdomänen Verkehr und Energie. Hinsichtlich des Ladeprozesses wird zwischen drei verschiedenen Ladetypen unterschieden:

- Typ 1: Das private Laden (Haus, Level 1) der Elektrofahrzeuge
Dabei wird angenommen, dass dieses Laden einen Zeitumfang von ca. 8-12h umfasst.
- Typ 2: Das halböffentliche Laden (Arbeit, Level 2) der Elektrofahrzeuge
Hierbei wird angenommen, dass der Ladevorgang ca. 2h bis 3h andauert. In diesem Zusammenhang wird auch unterschieden, dass die Ladestationen von dem Unternehmen selbst zur Verfügung gestellt wird und die Energieversorgung ein Dritter liefert oder aber ein externes Unternehmen sowohl die Ladestation als auch die Energieversorgung zur Verfügung stellt (bspw. vom Projektpartner RWE).
- Typ 3: Das öffentliche Laden (Gleichstrom oder Level 2) der Elektrofahrzeuge
Dabei ist der Vorteil des Gleichstroms, dass dieser eine kürzere Ladedauer umfasst als die beiden Typen 1 und 2. Aus dem Grund ist es wichtig, dass dort schnell viel Energie geladen werden kann. Auch hier wird unterschieden, dass die Ladestation und Energie ein Dritter liefern kann oder aber, dass die Ladestation bereits vorhanden ist und nur die Energie extern bereitgestellt wird.

Beim Laden eines Elektrofahrzeuges werden verschiedene Prozesse durchlaufen. Diese werden in Abbildung 74 dargestellt. Dazu zählt der Prozess des Ladestationbetreibers, des Servicedienstleisters und des Energieanbieters. Die einzelnen Prozesse können dabei entweder von einem Unternehmen alleine oder von mehreren Unternehmen ausgeführt werden.

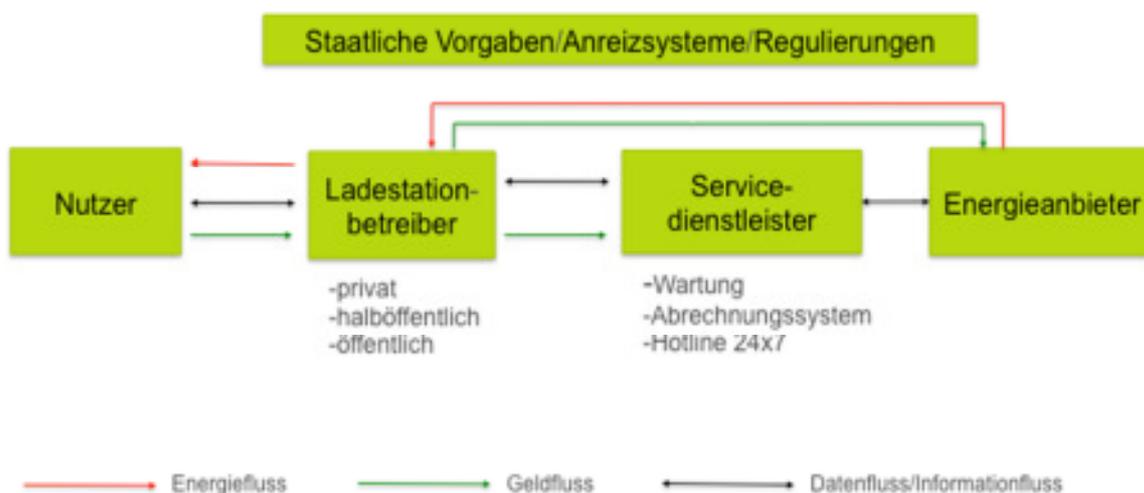


Abb. 74: Prozesskette für Verkehr und Energie

Abbildung 75 zeigt das Ertragsmodell der Fokusdomänen Verkehr und Energie. Es wird klar, dass neben dem technischen Aspekt des Ladens zwei weitere Punkte besonders im Fokus stehen: Zum einen der Standort der Ladeinfrastruktur und zum anderen das Abrechnungssystem.

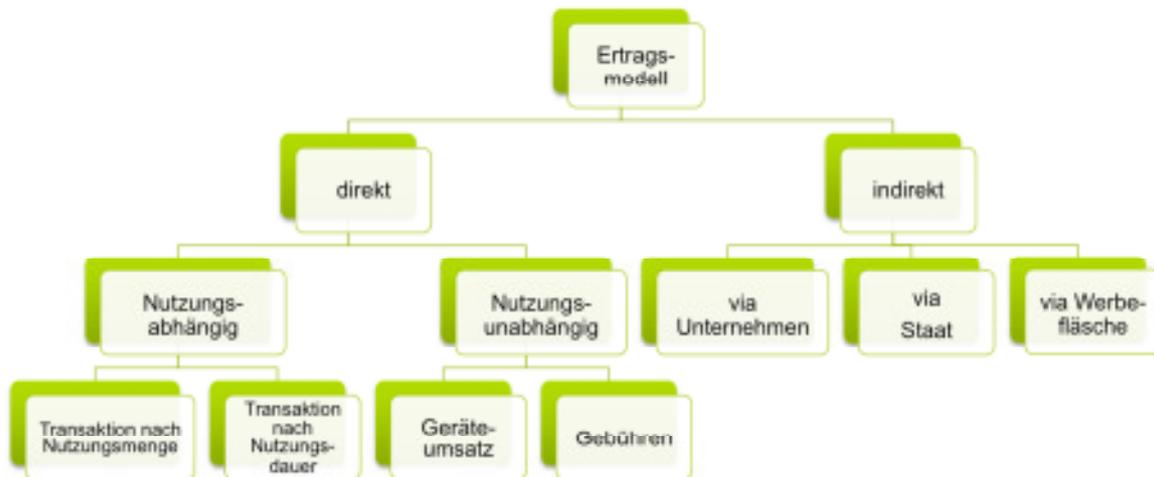


Abb. 75: Ertragsmodell für Verkehr und Energie

Als Ergebnis unserer Berechnungen und Sensitivitätsanalysen zum Laden im öffentlichen oder halb-öffentlichen Bereich (Typen 2 und 3) hat sich ergeben, dass für den Infrastrukturbetreiber ein nutzungs-dauerabhängiges Ertragsmodell am profitabelsten wäre. Allerdings bestehen Zweifel, wie gut dieses System vom Kunden angenommen wird. Grund dafür ist, dass verschiedene Elektroautos mit verschiedenen Batterien unterschiedlich schnell geladen werden können, d.h. ein Kunde mit einem Opel Ampera hätte z. B. erheblich höhere Kosten pro kWh als ein Kunde mit einem Smart fortwo electric drive.

In der Praxis finden aktuell Bezahlssysteme mit nutzungsmengenabhängigen Stromkosten (pro kWh) die häufigste Anwendung. Dieses hat für den Kunden den Vorteil, dass ein Parkplatz ohne Mehrkosten beliebig lang in Anspruch genommen werden kann, auch wenn nur wenig Strom aus der Ladesäule geladen wird. Eben dieser Vorteil für den Kunden ist ein großer Nachteil für den Ladestationbetreiber, weil die Nutzungszeit (Zeit in der Energie abgenommen wird) der Ladestation sich verringert.

Um insbesondere dem Problem des Blockierens von Ladesäulen Rechnung zu tragen, wurde im Rahmen des eMERGE-Projektes ein Pricing Model für die Einbindung von (halb-)öffentlichen Parkhäusern in die Ladeinfrastruktur erarbeitet. Der Grundgedanke ist allerdings nicht auf Parkhäuser beschränkt, sondern generell auf Park-Anwendungen im halböffentlichen oder öffentlichen Raum übertragbar.

Die fehlende Ladeinfrastruktur resultiert vor allem aus den hohen Investitionskosten für die Ladesäulen, dem Blockieren von E-Parkplätzen und der aktuell geringen Nachfrage, welche sich zum einen aus der Henne-Ei-Problematik ergibt und zum anderen aus der Tatsache, dass ein Großteil der Nutzer ihre Elektrofahrzeuge zuhause aufladen.

Der Grundgedanke des Modells ist, dass Parkhausbetreiber eine bestimmte Anzahl ihrer Parkplätze mit Ladesäulen für Elektroautos ausstatten und diese Parkplätze sich in attraktiven Bereichen innerhalb des Parkhauses befinden (analog zu Mutter-Kind-Parkplätzen beispielsweise). Diese Parkplätze werden im Folgenden als „Premium-Parkplätze“ bezeichnet. Diese Premium-Parkplätze können sowohl von Elektroautos auch von konventionellen Fahrzeugen verwendet werden. Allerdings gilt folgendes: Elektroautos, welche während der Parkzeit laden, zahlen den üblichen Parkhaus-Preis plus die Stromkosten (nutzungsabhängig mit Marge für den Parkhausbetreiber). Sämtliche Autos, welche während der Parkzeit nicht oder nicht mehr laden, zahlen einen erhöhten Premium-Preis. Dabei gilt für Elektroautos, welche einen Teil der Parkzeit laden und den anderen Teil der Parkzeit nicht laden eine Pufferzeit von 30 Minuten, bis der Premium-Tarif aktiv wird. Es wurde ein Aufschlag von 50 % für den Premium-Tarif angenommen, so dass für

die Nutzer eine ausreichend hohe Motivation gegeben ist, die Premium-Parkplätze nur zu nutzen, wenn sie ihr Auto auch tatsächlich aufladen möchten und somit nicht mehr ohne Sanktion einen Parkplatz blockieren.

Für die Modellierung und Kalkulation dieses Ansatzes wurden die Belegungsdaten von 12 Aachener Parkhäusern über einen repräsentativen Zeitraum erhoben und verwendet, um die Realität möglichst zutreffend abzubilden. Mit diesen Daten wurde ein diskretes Event-Based-Model in der Modellierungssoftware AnyLogic erstellt, um so den zusätzlichen Ertrag durch die Premium-Parkplätze, sowie die optimale Anzahl an Premium-Parkplätzen zu berechnen. Die Auswahl des Parkplatzes wird bei jedem einfahrenden Nutzer nach dem in Abbildung 76 dargestellten Algorithmus ermittelt.

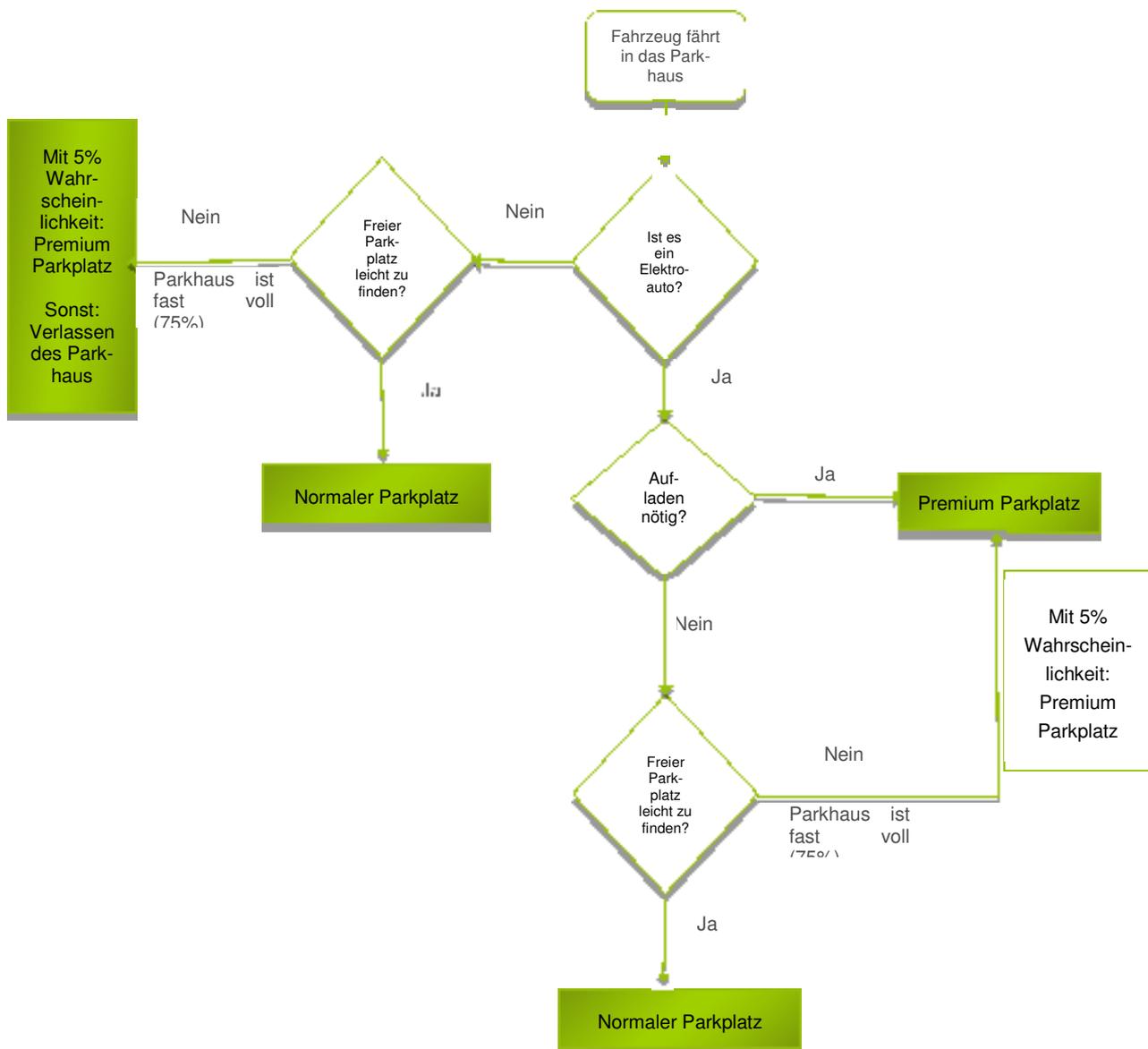


Abb. 76: Parkplatz-Auswahl-Algorithmus

Im betrachteten Modell kommt es nur in Frage, dass sich ein Nutzer auf einen Premium-Parkplatz stellt, obwohl er sein Auto nicht laden möchte, wenn das Parkhaus zu mindestens 75 % ausgelastet ist. In diesem Fall besteht eine Wahrscheinlichkeit von 5 %. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein einfahrendes Fahrzeug ein Elektroauto ist, beträgt im Base-Case 1 %. Der Standard-Parkhaus-Preis beträgt 2€/h, der Premium-Preis demnach 3€/h. Der Nutzer zahlt 25 ct/kWh Stromkosten, wobei davon 5 ct/kWh als Marge für den Parkhaus-Betreiber angenommen werden. Das Modell-Parkhaus hat insgesamt 400 Parkplätze. Jeder Premium-Parkplatz wird mit einer RWE eBox ausgestattet, was zu jährlichen Kosten von 700€ pro Premium-Parkplatz pro Jahr führt.

Anschließend wurden die oben beschriebenen Parameter konstant gehalten und die Anzahl der Premium-Parkplätze variiert, um so die optimale Anzahl zu ermitteln. Zu beachten ist, dass die Gesamtzahl der Parkplätze nicht veränderlich ist. Wenn also beispielsweise 20 Premium-Parkplätze installiert werden, verringert sich die Anzahl der konventionellen Parkplätze auf 380.

Für das betrachtete Aachener Szenario beträgt der optimale Bereich unter den obigen Prämissen zwischen 24 und 30 Premium-Parkplätze, siehe Abbildung 77.

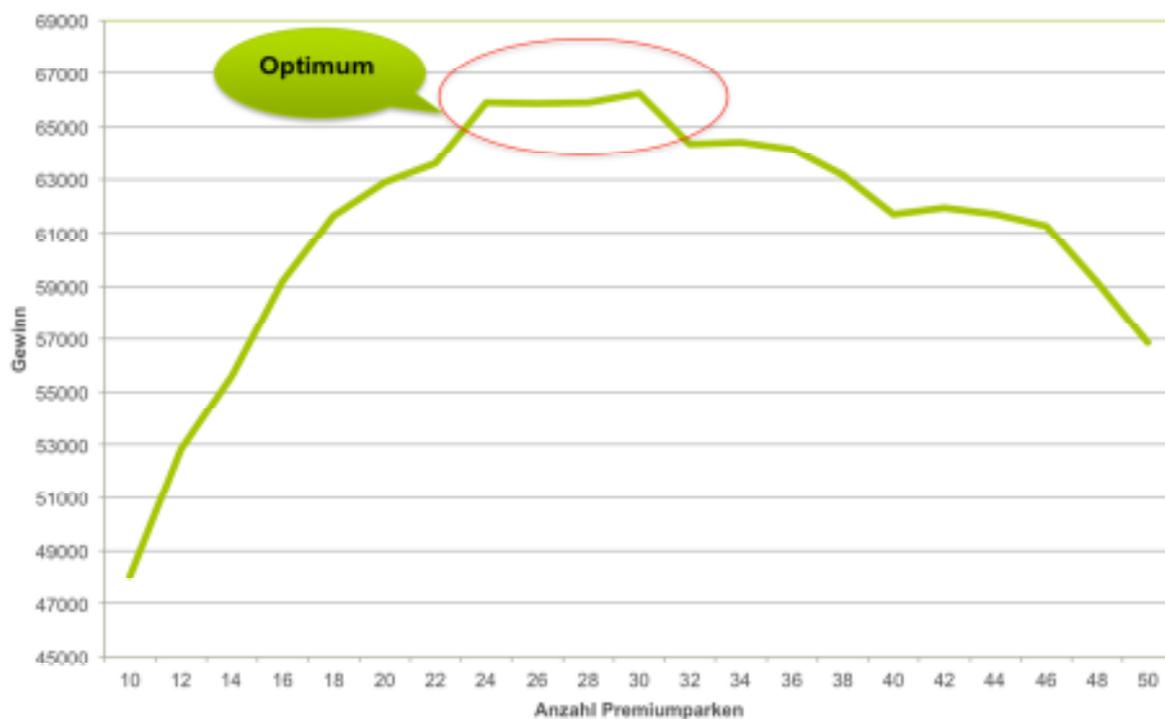


Abb. 77: Optimierung Anzahl Premium-Parkplätze

Es kann festgehalten werden, dass mit einer Anzahl zwischen 10 und 50 Premium-Parkplätzen stets positive Gewinne erzielt werden. Dabei ist zu beachten, dass bisher ein recht konservativer Ansatz gewählt wurde. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein einfahrendes Auto ein Elektroauto ist, ist aktuell mit 1 % möglicherweise zu hoch eingeschätzt. Allerdings wird von einem Betrachtungszeitraum von 5 Jahren ausgegangen. Somit dürfte der tatsächliche Mittelwert über der bisherigen Annahme liegen.

Um dem Rechnung zu tragen, wurde im nächsten Schritt eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, bei der neben der Anzahl an Premium-Parkplätzen zusätzlich die Elektroauto-Wahrscheinlichkeit variiert wurde. Die Ergebnisse sind aus Abbildung 78 ersichtlich.

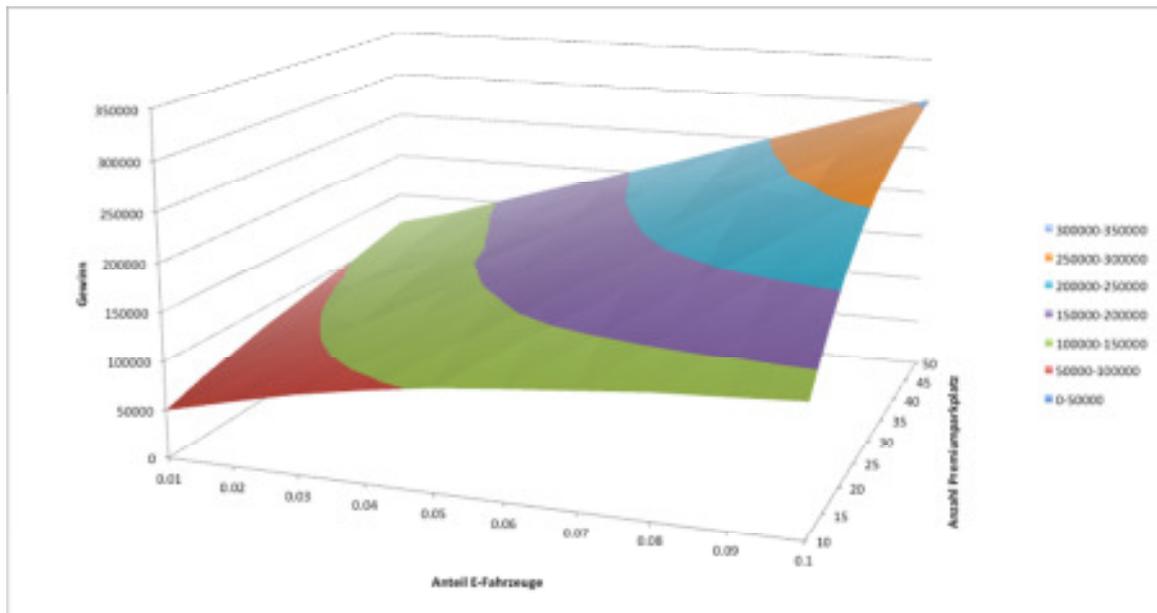


Abb. 78: Sensitivitätsanalyse

In dieser Abbildung ist zu sehen, dass die zu erzielenden Gewinne signifikant ansteigen, sobald sich die Verbreitung von Elektrofahrzeugen erhöht. Außerdem kann sowohl in Abbildung 77, als auch in Abbildung 78 entnommen werden, dass es im Zweifelsfall ertragreicher ist, zu viele Premium-Parkplätze zu haben, anstatt zu wenig. In der Realität würde es sich allerdings anbieten, diese Anzahl sukzessive zu erhöhen in Abhängigkeit vom tatsächlich zu beobachtenden Anteil an Elektrofahrzeugen.

Das entwickelte Pricing Model ist also in der Lage, die Ziele und Bedürfnisse von Parkhausbetreibern sowie von Elektrofahrzeug-Nutzern gleichzeitig zu bedienen. Der Parkhausbetreiber hat die Möglichkeit, sowohl zusätzliche monetäre Gewinne als auch Image-Gewinne zu erzielen.

Nutzern von Elektrofahrzeugen wird mit dem Pricing-Modell eine weitere Möglichkeit gewährt, ihre Fahrzeuge außerhalb des eigenen Hauses aufzuladen gepaart mit einer hohen Wahrscheinlichkeit, einen verfügbaren Ladeplatz vorzufinden. Das durch Variation der Annahmen auf Robustheit getestete Modell zeigt exemplarisch, wie neue Geschäftsmodelle zur Ladeinfrastruktur ausgestaltet werden können.

7.5 Prognosenachfragemodell

Das Prognosenachfragemodell wurde entwickelt, um zu zeigen, welche Faktoren in welcher Intensität einen Einfluss auf die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen haben. Abbildung 79 zeigt einen Ausschnitt aus dem erarbeiteten AnyLogic-Simulationsmodell, welches auf dem Bass-Diffusion-Modell basiert. Dieses Modell erfasst den Prozess, mit dem neue Technologien in der Gesellschaft adaptiert werden. Es ist dabei in der Lage sowohl interne als auch externe Einflussfaktoren zu berücksichtigen, welche die Nachfrage nach Elektromobilität beeinflussen. Als Beispiele lassen sich Preis, Reichweite oder Ladedauer für interne, sowie Kraftstoffkosten oder staatliche Subventionen als externe Faktoren aufführen.

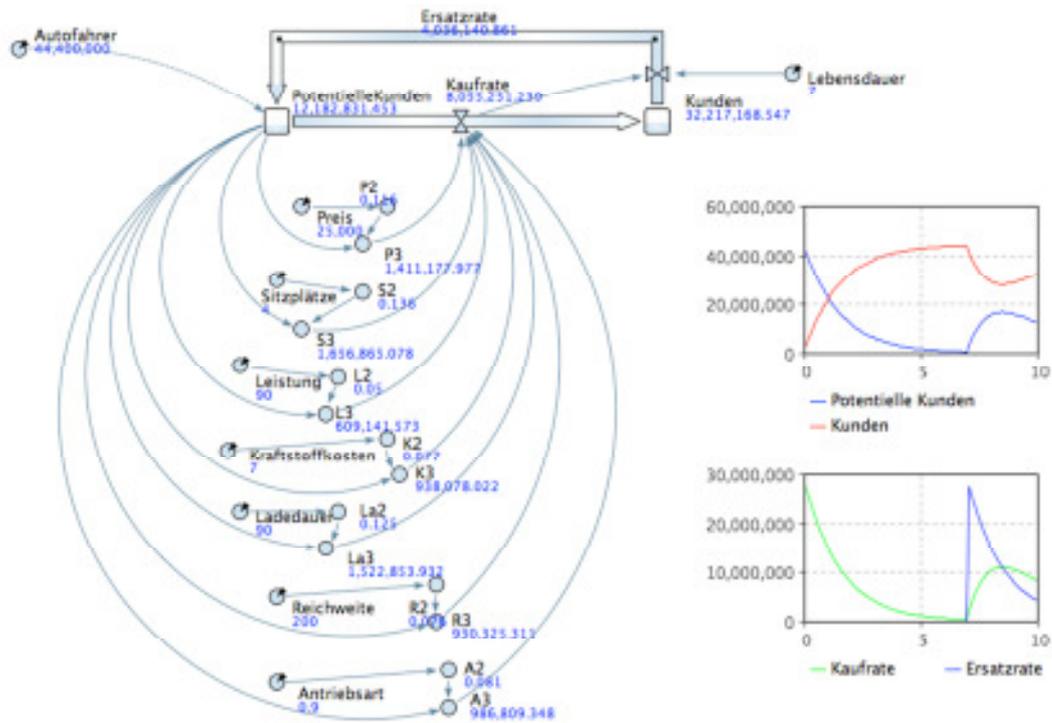


Abb. 79: AnyLogic-Simulationsmodell

Basierend auf den Daten, welche der Marketing Lehrstuhl der Universität Siegen im Rahmen des eMERGE-Projektes via Conjoint-Analyse und persönlichen Umfragen von den Kunden erhoben hat, lässt sich mit diesem Modell die zukünftige Nachfrage abschätzen. Das Modell kann angepasst werden, um zusätzliche Faktoren zu berücksichtigen. Die jeweilige Relevanz der bisher berücksichtigten Einflussfaktoren lässt sich aus der folgenden Abbildung ablesen.

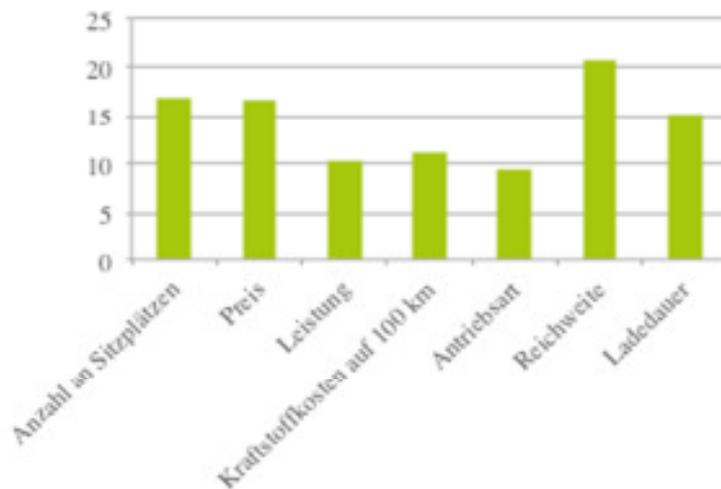


Abb. 80: Relevanz der Einflussfaktoren in Prozent (Quelle: Conjoint Analyse des Marketing Lehrstuhls der Universität Siegen)

Vereinfachend wurde für das Modell in Abbildung 80 angenommen, dass ein Fahrzeug, welches in allen Kriterien die bestmögliche Ausprägung besitzt, zu 100 % von den potenziellen Kunden gekauft wird. Im obigen Beispiel ist die Kaufrate hingegen etwas geringer, weil die realen Merkmalsausprägungen des Smart fortwo electric drive verwendet wurden. Für die Anzahl der potenziellen Kunden wurde der PKW-Bestand in Deutschland zum 01. Januar 2015 laut Kraftfahrtbundesamt angenommen. Das Modell zeigt, dass der stärkste Zusammenhang zwischen der zukünftig zu erwartenden Nachfrage und den Einflussfaktoren Reichweite und Preis besteht.

7.6 Zusammenfassung

Das erklärte Ziel der Bundesregierung ist es, bis zum Jahr 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen zu bekommen. Wie bereits beschrieben, steht diesem Ziel eine Reihe von Markteintrittsbarrieren entgegen, welche als Ausgangspunkt für die Erarbeitung von verschiedenen Geschäftsmodellen dienen. Diese Geschäftsmodelle können dazu beitragen, die Markteintrittsbarrieren zu reduzieren und eine Wertschöpfung zu ermöglichen. Unsere Analyse zeigt, dass neue Service-Konfigurationen für die Elektromobilität wichtig sind. Als Beispiel ist die Einbindung des Recycling-Prozesses in den Elektroauto-Verkauf zu nennen. Dabei sollte der Automobilhersteller neue Services und Dienstleistungen anbieten, die über das eigentliche Kerngeschäft hinausgehen. Beim Thema Ladeinfrastruktur wurden verschiedene technologische Substitutionsmöglichkeiten sowie Pricing-Modelle zusammengefasst und evaluiert. Die Simulation des Prognosenachfragemodells gibt Auskunft darüber, welcher der genannten Faktoren für den Kunden am wichtigsten ist. Insgesamt zeigt sich, dass bei systematischer Nutzung neuer Geschäftsmodelle die Geschwindigkeit der Marktdiffusion der Elektromobilität deutlich gesteigert werden kann.

Die Geschäftsmodelle aus diesem Projekt werden im Folgeprojekt eMERGE II mit eingebunden. In eMERGE II werden die Effekte der Gesamtbetriebskosten (TCO) auf die Kaufentscheidung der Nutzer analysiert. Weiterhin werden die genutzten Daten sowie die erarbeiteten Modelle für zwei Promotionen genutzt.

7.7 Literatur

Austen, Fabian: *Lithium-Reserven am Limit?*, URL: http://www.wissenschaft.de/technik-kommunikation/energie/-/journal_content/56/12054/7066932/Lithium-Reserven-am-Limit%3F/ [Stand: 28.08.2015].

Bass, Frank M.; Norton, John A.: *A Diffusion theory model of adoption and substitution for successive generations of high-technology products*, in: *Management Science* (33) 9, 1987.

Bauchmüller, M.; C. Gammelin; M. Balsler: *Kommission fordert Hunderttausende Ladestationen für Elektroautos*. *Süddeutsche Zeitung*, 23.01.2013.

BMUB: *Elektroautos aus Deutschland sichern Beschäftigung*, Pressemitteilung Nr. 301/09 URL: <http://www.bmub.bund.de/presse/pressemitteilungen/pm/artikel/elektroautos-aus-deutschland-sichern-beschaeftigung/> [Stand: 24.08.2015].

Ecomento: *Daimler baut Batterieproduktion aus*, URL: <http://ecomento.tv/2014/12/03/daimler-baut-batterieproduktion-aus/> [Stand: 24.08.2015].

Freitag, M: *Schicksalsjahre der Elektromobilität*, URL: <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/a-886657.html> [Stand: 27.02.2014].

- Guide, V.D.R.; Harrison, T.P.; Van Wassenhove L.N.: *The Challenge of Closed-Loop Supply Chains*, in: *Interfaces* 33 (6), 2003, S. 3-6.
- International Energy Agency: *Technology Roadmaps – Electric and plug-in hybrid electric vehicles*, 2011.
- Kraftfahrt-Bundesamt Statistik: *Jahresbilanz des Fahrzeugbestandes am 1. Januar 2015*, URL: http://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/bestand_node.html [Stand: 24.08.2015].
- Lih, W.C.; Yen, J.H.; Shieh, F.H.; Liao, Y.M.: *Second-use Applications of Lithium-ion Batteries Retired from Electric Vehicles: Challenges, Repurposing Process, Cost Analysis and Optimal Business Model*, in: *International Journal of Advancements in Computing Technology (IJACT)* (4) 22, 2012, S. 518 ff.
- Meister, S.: *Erfolgskonzepte für die Ladeinfrastruktur*, in: *Mobility 2.0* (1), 2010, S. 26-29.
- Savaskan, R.C.; Bhattacharya, S.; Wassenhove, L.N.V.: *Closed-loop supply chain models with product re-manufacturing*, in: *Management Science* 50 (2), 2004, S. 239-252.
- Statista: *Anzahl der Personenkraftwagen mit Elektroantrieb in Deutschland nach Bundesländern*, URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/75841/umfrage/bestand-an-personenkraftwagen-mit-elektroantrieb/> [Stand: 24.08.2015].
- Strickland, D.; Chittock, L.; Stone, D.A.; Foster, M.P.; Price, B.: *Estimation of Transportation Battery Second Life for Use in Electricity Grid Systems*, in: *IEEE Transaction on sustainable energy* (5) 3, 2014, S. 795 ff.

8 AP 800 – Flottentest in Rhein-Ruhr und Berlin

8.1 Aufbau und Verkauf der smart fortwo electric drive – AP 810

8.1.1 Ziel des Arbeitspakets

In diesem Arbeitspaket sollte der Bau der Elektrofahrzeuge smart fortwo electric drive abgeschlossen und diese an Kunden übergeben werden, die am Förderprojekt teilnehmen wollten.

8.1.2 Aktivitäten, Verlauf und Ergebnisse

Zu Beginn des Projekts erstellte der technische Koordinator von Daimler einen Informationsleitfaden zum Förderprojekt eMERGE. Parallel dazu wurden bei Daimler interne Prozesse für die Kundenakquise und die Erstattung der Batteriemiete für am Projekt teilnehmende Kunden definiert und implementiert.

Im nächsten Schritt machte Daimler sechs smart center im Ruhrgebiet sowie ein smart center in Berlin mit dem Projekt eMERGE durch Schulungen vertraut. Dabei wurde auch die Vorgehensweise zur Kundenakquise erläutert. Diese startete im Mai 2013 mit der Akquise von Bestandskunden, die ihren smart fortwo electric drive bereits erhalten hatten. Im Juni 2013 konnte der erste Kunde im Projekt begrüßt werden.

Nachdem im Ruhrgebiet weitere vier smart center zum Projekt eMERGE hinzukamen, zählte das Projekt Ende Dezember 2013 75 Teilnehmer. Darüber hinaus gab es weitere 20 Kunden, die verstärktes Interesse am Projekt hatten. Von den bisherigen Teilnehmern kamen ca. 30 % aus Berlin und ca. 70 % aus Rhein/Ruhr. Insgesamt nahmen 12 smart center im Ruhrgebiet und ein smart center in Berlin am Projekt eMERGE teil. Bis Ende Juni 2014 konnten 135 Projektteilnehmer in eMERGE begrüßt werden. Davon waren etwa 25 % aus Berlin und ca. 75 % aus Rhein/Ruhr.

Das Ziel, 175 Fahrzeuge im Projekt zu haben, wurde nicht erreicht. Grund hierfür war die ausbleibende Nachfrage von Kunden. Insgesamt waren 146 Fahrzeuge im Projekt, davon waren 10 Fahrzeuge bei RWE im Einsatz. Von den 154 Anmeldungen für das Projekt mussten acht potenzielle Kunden abgelehnt werden, da deren Unterlagen unvollständig waren bzw. die Kunden die Bedingungen der Zusatzvereinbarung (z. B. Aufkleber des BMVI am Fahrzeug) nicht akzeptieren wollten.

8.2 Datenerfassung in Kundenfahrzeugen – AP 820

8.2.1 Ziel des Arbeitspakets

Das Ziel dieses Arbeitspakets war die Bereitstellung von Fahr- und Ladedaten für die Evaluierung des Feldtests sowie die Möglichkeit der Kundenanalyse bzw. des Kundenverhaltens als auch die Geschäftsmodellierung.

8.2.2 Aktivitäten, Verlauf und Ergebnisse

Zunächst wurden die technischen Voraussetzungen für die Implementierung von Datenerfassungssystemen in den Fahrzeugen gemeinsam mit den Fachabteilungen und externen Lieferanten geklärt. Die entsprechenden Prozesse zu der Beschaffung und dem Verbau der Datenlogger wurden angestoßen.

Im nächsten Schritt wurde die Freigabe der entsprechenden Entwicklungsabteilung zur Erfassung der Daten in den Fahrzeugen eingeholt. Gemeinsam mit den Lieferanten der Datenlogger wurde der Prozess zum

Verbau der Fahrzeuge erarbeitet. Die teilnehmenden smart center wurden für den Einbau der Datenlogger geschult und gleichzeitig wurde die erste Charge der Datenlogger versandt.

Die Erfassung der Daten mittels Datenlogger wurde optimiert (Bugfixing). Eine erste Analyse des Kundenverhaltens anhand der Daten aus dem Datenlogger wurde durchgeführt. Die Ergebnisse der Analyse zeigten folgendes Kundenverhalten auf:

- Die Kunden luden nach jeder fünften bis sechsten Fahrt einmal das Fahrzeug wieder auf. Dies galt sowohl für Geschäfts- als auch für Privatkunden (Abbildung 81).
- Die durchschnittliche Distanz pro Fahrt betrug bei privaten Kunden in den Modellregionen Berlin/Potsdam und Rhein/Ruhr ca. 8-10 km. Bei Geschäftskunden waren es 4-6 km (Abbildung 82).
- Der smart fortwo electric drive wurde geschäftlich und privat überwiegend werktags gefahren (Abbildung 83).
- Die Fahrzeuge wurden im Schnitt von den Kunden zumeist in den Hauptverkehrszeiten betrieben (Abbildung 84).
- Einige Kunden im Projekt fuhren mit ihrem Fahrzeug auch mehr als 100 km am Stück (Abbildung 85).
- Ein großer Teil der Teilnehmer hatte Durchschnittsverbräuche, die deutlich unter den angegebenen NEFZ Verbräuchen lagen (Abbildung 86).
- Beim Flottenversuch wurden im Zeitraum von Mai 2013 bis Juni 2015 mehr als eine Million gefahrene Kilometer aufgezeichnet.

In Abbildung 81 ist das Verhältnis zwischen Fahrten und Ladevorgängen dargestellt. In der Grafik wird deutlich, dass die Fahrer des smart fortwo electric drive im Schnitt nach jeder fünften bis sechsten Fahrt einmal das Fahrzeug wieder aufladen. Dieses Verhalten zeigt sich sowohl für Geschäfts- als auch für Privatkunden.

Im Laufe des Projektfortschritts stieg die Anzahl der Teilnehmer kontinuierlich an. Zwischen November 2013 und September 2014 verdoppelte sich nahezu die Anzahl der eMERGE Pioniere, wodurch die Anzahlen der Fahrten und Ladevorgänge deutlich anstiegen. Das Verhältnis von einem Ladevorgang zu fünf bis sechs Fahrten blieb jedoch auch im weiteren Verlauf des Projektes weiter unverändert (Abbildung 81).



Abb. 81: Verhältnis zwischen Fahrten zu Ladevorgängen Jun. 2014 – Mai 2015

Die nächste Grafik (Abbildung 82) zeigt die durchschnittliche Distanz pro Fahrt in den jeweiligen Monaten. Darin wurde in privat/geschäftlich und nach den beiden Modellregionen unterschieden. Bei privaten Kunden in den Modellregionen Berlin/Potsdam und Rhein/Ruhr betrug die durchschnittliche Fahrt ca. 8-10 km, bei Geschäftskunden rund 5-7 km.

Hieraus war erkennbar, dass die Kunden im Schnitt sehr viele kurze Fahrten zurücklegten. Privatkunden könnten mehr als zehn solcher Fahrten unternehmen, bevor die Fahrzeuge wieder aufgeladen werden müssten. Bei Geschäftskunden wären es sogar mehr als zwanzig dieser Fahrten. Es stellte sich damit generell die Frage, in wie weit die Reichweitenproblematik im Alltag eine Rolle spielte. Diese Frage wurde durch die Universität Siegen in Form von Umfragen geklärt.

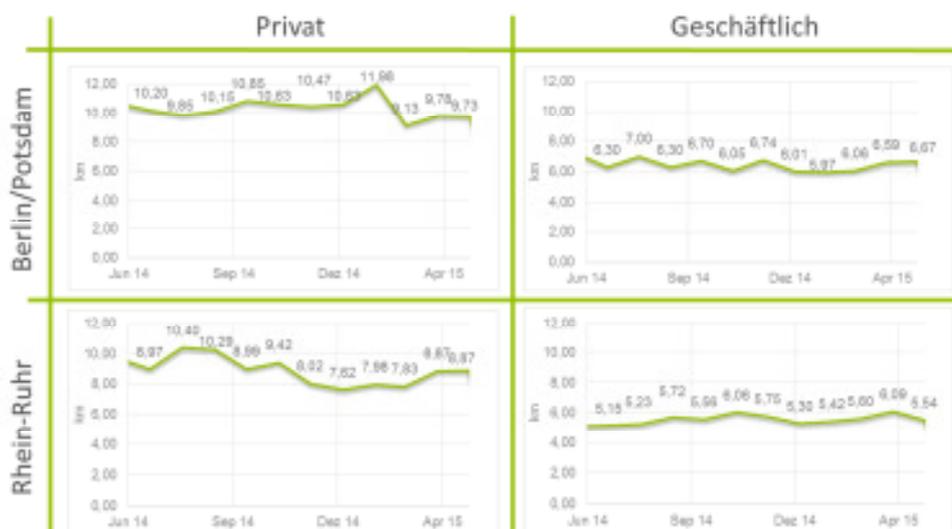


Abb. 82: Die durchschnittliche Distanz pro Fahrt in km je Monat

Abbildung 83 zeigt die zurückgelegten Kilometer je Tag in der Region Rhein/Ruhr im Monat September an. Aus der Abbildung wird deutlich, dass der smart fortwo electric drive geschäftlich und privat überwiegend werktags gefahren wurde. Vor allem von gewerblichen Kunden wurde das Fahrzeug am Wochenende kaum genutzt. Eine Ausnahme war jedoch der dritte Samstag im September 2014, da an diesem Tag das eMERGE Kommunikationsevent in Paffendorf stattfand, bei dem viele Teilnehmer längere Strecken zurücklegten. Ähnliche Verläufe waren auch in anderen Monaten zu sehen.



Abb. 83: Distanzen je Tag im September 2014 Rhein/Ruhr

In der folgenden Abbildung ist dargestellt, wie viele Kilometer innerhalb des Monats September von den Kunden im 24 h Verlauf zurückgelegt wurden.

Die Fahrzeuge wurden von privaten als auch geschäftlichen Teilnehmern in den Zeiten zwischen 0:00 Uhr und 4:00 Uhr wenig bewegt. Private Kunden legten mit ihren Fahrzeugen in den Hauptverkehrszeiten zwischen 6:00 und 9:00 Uhr sowie zwischen 16:00 und 18:00 Uhr die meisten Kilometer zurück. Dies könnte darauf hindeuten, dass private Kunden das Fahrzeug nutzten, um zur Arbeit zu fahren. Gewerbliche Kunden fuhren die meisten Kilometer in den typischen Geschäftszeiten zwischen 7:00 und 18:00 Uhr.

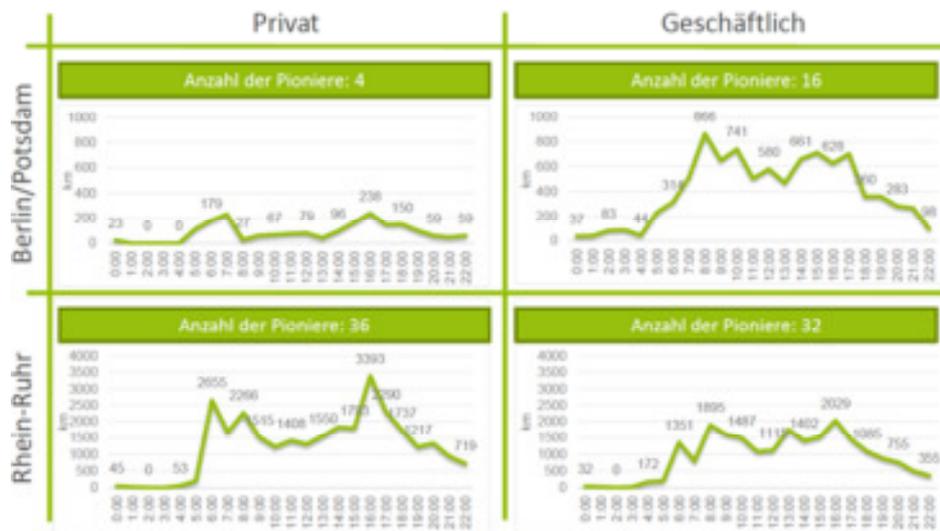


Abb. 84: Zurückgelegte Kilometer im Monat September im 24 h Verlauf

Der smart fortwo electric drive wurde nicht nur bei Kurzstrecken eingesetzt, sondern auch für Strecken mit mehr als 50 Kilometern. In der nachfolgenden Abbildung sind exemplarisch Distanzen aus Oktober 2014 dargestellt, die ohne Zwischenladung gefahren wurden. Einem Kunden gelang es dabei 161 km mit einer Ladung zu fahren. Dies entspricht 16 km mehr als die NEFZ zertifizierte Reichweite von 145 km. Diese Fahrt war auch die längste am Stück gemessene Fahrt im ganzen Projekt.

Die Abbildung 85 zeigt, dass vor allem bei privaten Fahrten in Rhein/Ruhr lange Distanzen zurückgelegt wurden. Private Teilnehmer in Berlin fuhren tendenziell kürzere Strecken. Selten fuhren dabei die Berliner Teilnehmer im privaten Bereich mehr als 50 km. Berliner Geschäftskunden nutzten hingegen das Fahrzeug sehr oft, um Fahrten über 50 km zu realisieren. Bei allen aufgezeichneten Daten aus Berlin kamen Fahrten mit mehr 100 km nahezu nicht vor. In Rhein/Ruhr hingegen, ließen sich monatlich mehrere Fahrten von mehr als 100 km mit einer Ladung beobachten.

Der smart fortwo electric drive eignet sich also auch für „Langstrecken“ im Rahmen seiner Reichweite.

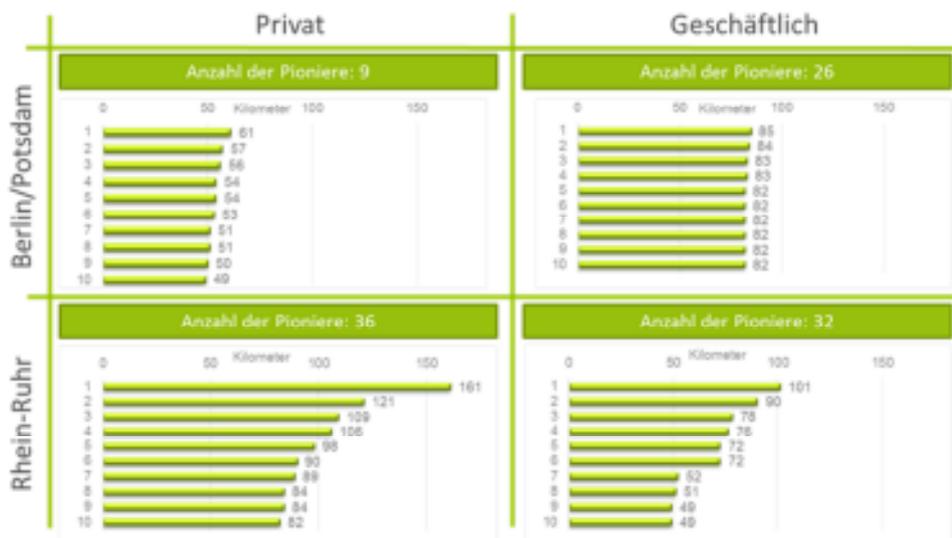


Abb. 85: Top 10 gefahrene Distanzen im Oktober 2014

Viele Teilnehmer in eMERGE achteten sehr intensiv auf den Energieverbrauch des Fahrzeugs. Bei den Top 10 der Teilnehmer mit den niedrigsten durchschnittlichen Energieverbräuchen je 100 km im Zeitraum von Mai 2014 bis April 2015 lagen alle Verbräuche in Berlin und Rhein/Ruhr sowohl privat als auch geschäftlich unter dem zertifizierten Verbrauch von 16,3 kWh nach NEFZ (Abbildung 86). Allerdings sind in der NEFZ Zertifizierung auch Ladeverluste mitberücksichtigt, während beim Flottenversuch mit Hilfe der Datenlogger nur die tatsächlichen Verbräuche aufgezeichnet wurden. Im gleichen Zeitraum lag der Gesamtdurchschnitt der Energieverbräuche für 100 km bei Berliner Privatkunden bei ca. 12,7 kWh und bei privaten Teilnehmern in Rhein/Ruhr bei 13,0 kWh. Geschäftskunden in Berlin und in Rhein/Ruhr hatten beide im Schnitt einen Verbrauch von 13,8 kWh je 100 km.

Gewerbliche Kunden benötigten somit für 100 km im Schnitt ca. 7 % mehr Energie. Dies könnte daran liegen, dass Geschäftskunden, wie in Abbildung 82 gezeigt, deutlich kürzere Distanzen mit mehr Start/Stop Sequenzen bewältigen müssen. In den Wintermonaten Dezember bis Februar lagen die Verbräuche aller Betrachtungsgruppen ca. 25 % höher als deren Durchschnittswerte.

Generell lässt sich schlussfolgern, dass der größte Teil der Teilnehmer auf den Energieverbrauch achtet.



Abb. 86: Top 10 der niedrigsten $\bar{\varnothing}$ Energieverbräuche je 100 km (Zeitraum 05/2014-04/2015)

8.2.3 Lessons learned

Mit über einer Million Kilometer im Zeitraum Mai 2013 bis Juni 2015 schloss der Flottentest ab. So wurden im Vergleich zu einem smart mit Verbrennungsmotor mehr als 100 Tonnen CO₂ lokal eingespart. Durch diese hohe Fahrleistung im realen Kundenbetrieb konnten wertvolle Informationen und Erkenntnisse gewonnen werden. So wurde der smart fortwo electric drive hauptsächlich bei Kurzstrecken bis durchschnittlich 10km gefahren. Seine Fahrer setzten ihn jedoch auch bei längeren Strecken von mehr als 100 km ein und erwiesen sich dabei als vorausschauende Energiesparer mit durchschnittlichen Energieverbräuchen unter dem zertifizierten NEFZ Wert. Die vorwiegende Nutzung zu den Hauptverkehrszeiten im privaten Bereich zeigte, dass der smart fortwo electric drive als Pendlerauto verwendet wurde. Damit konnte bewiesen werden, dass Elektromobilität auch heute schon alltagstauglich funktionieren kann.

Die Erkenntnisse aus dem Flottentest flossen in zukünftige Entwicklungen ein und werden auch zukünftig als wichtig sowie notwendig für die Entwicklung der E-Mobilität angesehen.

8.3 Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur für Endkunden – AP 830

8.3.1 Ziel des Arbeitspakets

Ziel des Arbeitspakets war der Aufbau von Ladeinfrastruktur und anschließende Übergabe bzw. Inbetriebnahme der Ladestationen an Kunden, die am Förderprojekt teilnehmen möchten und einen Smart nutzen.

8.3.2 Aktivitäten, Verlauf und Ergebnisse

Zunächst musste die Entscheidung getroffen werden, welches Produkt der RWE Effizienz GmbH bei den Endkunden zum Einsatz kommt. Die Entscheidung ist hierbei auf die RWE eBox smart gefallen (Abbildung 87). Die Gründe waren im Einzelnen:



- Es wurde ein Ladepunkt pro Teilnehmer benötigt
- Geringere Anschaffungskosten pro Ladepunkt gegenüber Ladesäulen
- Einfache und kostengünstige Wandinstallation an zahlreichen Orten
- Möglichkeit eines einfachen und kostengünstigen Rückbaus
- Integrierbarer Energiezähler
- Ladung bis zu 22 KW
- Anbindung des Produkts an das RWE IT-Backend

Abb. 87: Die RWE eBox smart

Vor der Produktion musste noch die Menge festgelegt werden. Im Rahmen der Vorhabenbeschreibung wurden bis zu 50 Wallboxen geplant. Mit der vom Projektpartner Daimler erhaltenen Kundenliste wurden die Endkunden in der Reihenfolge des Eingangs telefonisch kontaktiert. Wesentliche Gesprächsinhalte neben der Aufgabenstellung des Projekts und des Arbeitspakets waren vor allem die Installationsmöglichkeiten bei den Endkunden vor Ort.

Hier stellte sich in den meisten Fällen heraus, dass eine Installation nicht oder nur mit erheblichen Kosten realisierbar ist. Häufige Gründe waren:

- Kein vorhandenes Wohneigentum und damit keine Genehmigung für die Installation der Wallbox
- Wohneigentum mit Gemeinschaftseigentum und damit keine alleinige Genehmigung für die Installation der Wallbox möglich
- Kein Stellplatz auf privatem Grund für den genutzten Smart verfügbar und somit auch keine einfach erhältliche Installationsgenehmigung möglich
- Sehr umfangreiche Vorinstallation notwendig, z. B. durch zahlreiche Kernbohrungen und lange Zuleitungen mit teilweiser Pflasterung

Endkunden mit diesen Indikatoren wurde die Installation der RWE eBox smart nicht angeboten. Des Weiteren stellte sich bei den Endkunden heraus, dass häufig keine Bereitschaft für eine Beteiligung an den Installationskosten vorhanden war. Den Endkunden wurden daher, um die Zielsetzung des gesamten Projekts nicht zu gefährden, die Installationskosten nicht in Rechnung gestellt. Abschließend wurden 11 Endkunden für die Installation und den Betrieb der RWE eBox smart gewonnen. Die Zielsetzung von 50 Wallboxen wurde zwar nicht erreicht, jedoch mit 11 Installationen zumindest eine Basis für repräsentative Ladeszenarien-Tests geschaffen.

Gemeinsam mit der Rechtsabteilung der RWE Effizienz GmbH wurde ein Feldtestvertrag aufgesetzt, der die wesentlichen Rechte und Pflichten des Endkunden und der RWE Effizienz GmbH verbindlich festlegt. Dieser wurde von allen endgültigen Kunden akzeptiert und gegengezeichnet. Die Endkunden haben dem Vertrag zudem die Plug&Charge ID ihres Fahrzeugs beigefügt.

Die produzierten Wallboxen wurden mit den neuen PLC-Modems ausgestattet. Ein externer Dienstleister wurde im Anschluss mit der Installation aller Wallboxen beauftragt. Dieser hat die Endkunden der nach Reihe kontaktiert und Installationstermine vereinbart. Nach erfolgter Installation wurden die Wallboxen in

Betrieb genommen. Die Inbetriebnahme wurde der RWE Effizienz GmbH durch Protokolle gemeldet. Im Nachgang wurden die Plug&Charge IDs der Fahrzeuge den Ladepunkten im RWE IT-Backend zugeordnet. Probleme bei den Ladevorgängen wurden von den Endkunden in direkter Abstimmung mit den technischen Ansprechpartnern der RWE Effizienz GmbH besprochen und behoben.

8.3.3 Lessons learned

Im Rahmen des Aquisitionsprozesses für Endkundeninstallationen stellten sich schnell Probleme heraus, die eine Installation der RWE eBox smart nicht oder nur mit erheblichen Kosten ermöglicht haben. Die betroffenen Kunden haben in diesen Fällen ihren Smart über eine bereits vorhandene SCHUKO-Steckdose geladen. Dies ist sicherlich ein Hindernis für den Durchbruch der Elektromobilität an sich, da eine schnelle und sichere Ladung so nicht möglich ist. Die fehlende Bereitschaft, Kosten für eine Wallbox und/oder deren Installation zu tragen, stellte ein weiteres Problem dar. Eine mögliche Ursache wird jedoch darin gesehen, dass im Projekt fast nur Smarts mit einem 3,7 Kw Lader beteiligt waren. Ein wesentlicher Vorteil einer Wallbox, dem schnellen Laden, wurde von den Endkunden daher nicht ausreichend hoch bewertet.

8.4 Einsatz einer RWE-Mitarbeiterflotte über zwei Anwendungsfälle – AP 840

8.4.1 Ziel des Aufgabenpakets

Im Rahmen des Projekts wird RWE bis zu 20 Fahrzeuge des Typs smart ed in seinen Fuhrpark aufnehmen und diese Fahrzeuge in zwei praxisbezogenen Anwendungsfällen zum Einsatz bringen und erproben.

8.4.2 Aktivitäten, Verlauf und Ergebnisse

Wie oben beschrieben waren im Rahmen der Vorhabenbeschreibung zwei Anwendungsfälle im RWE Fuhrpark angedacht. Der Anwendungsfall 2, bis zu zehn Fahrzeuge in einem rollierenden System an ausgewählte RWE-Mitarbeiter zu vergeben, ist nicht umgesetzt worden. Bei den ersten Gesprächen mit der Personalabteilung und dem Betriebsrat der RWE Effizienz GmbH stellte sich frühzeitig heraus, dass eine derartige Nutzung quasi nicht realisierbar ist. Wesentliche Hinderungsgründe waren hierbei der Auswahlprozess der Mitarbeiter sowie die Berechnung eines möglichen geldwerten Vorteils im Rahmen des Projekts. Im Anschluss werden daher nur die Aktivitäten, der Verlauf und die Ergebnisse von Anwendungsfall 1, der Betrieb von zehn Fahrzeugen im Poolbetrieb bei RWE, dargestellt.

Zu Beginn wurde innerhalb der RWE Effizienz GmbH ein Projektteam einberufen. Bei den initialen Meetings war es das Ziel, das „Einsatzkonzept eMERGE“ zu entwickeln. Das gesamte Projekt wurde dabei in sechs Teilprojekte mit spezifischen Aufgabenstellungen gegliedert und mit klaren personellen Verantwortlichkeiten versehen. Einen Überblick über die Teilprojekte und deren Aufgabenstellungen veranschaulicht hierbei die Mindmap in Abbildung 88. Das Projekt wurde mit dem Namen „eMERGE to go“ versehen.

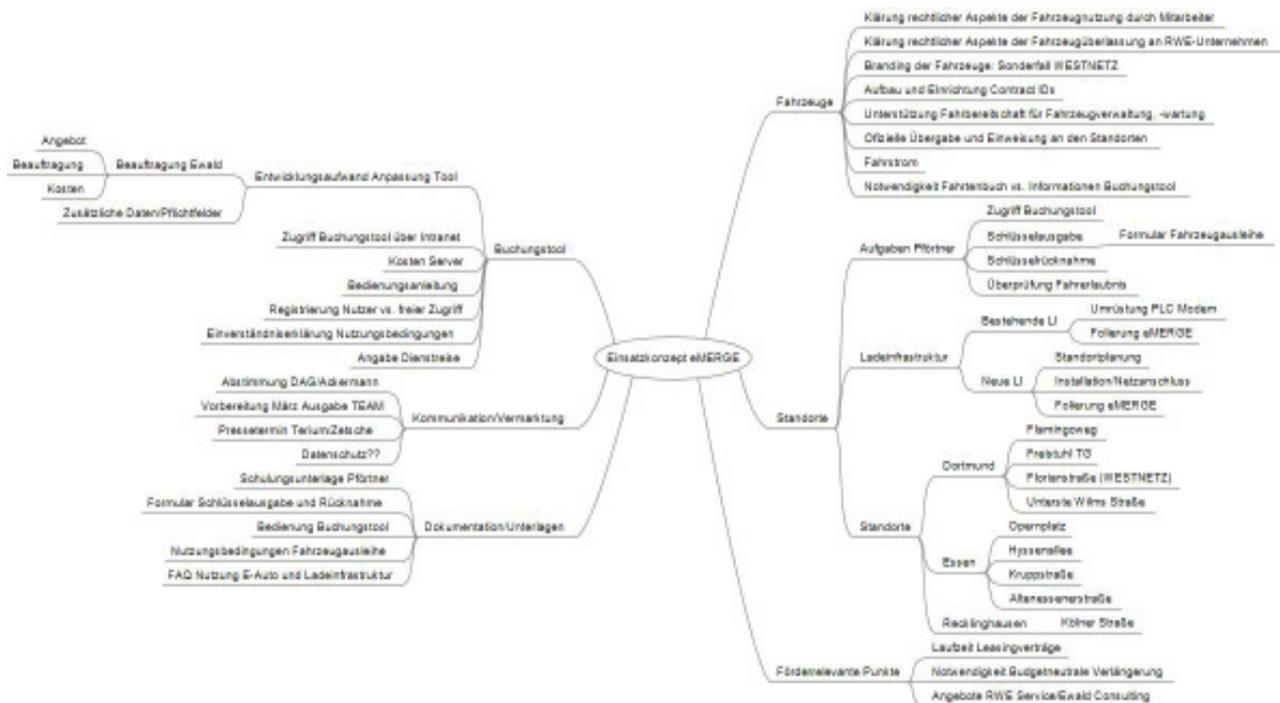


Abb. 88: Mindmap „Einsatzkonzept eMERGE“

Die einzelnen Teilprojekte befassten sich im Kern mit folgenden Leitfragen:

- Fahrzeuge: Wie wird gewährleistet, dass die Fahrzeuge stets zum gebuchten Zeitpunkt verkehrssicher und geladen am jeweiligen Standort zur Verfügung stehen?
- Buchungstool: Wie sieht ein rechtlich sicherer und einfacher Buchungsprozess für den Mitarbeiter aus und wie wird dieser technisch umgesetzt?
- Standorte: Welche Standorte kommen mit welcher Ladeinfrastruktur in Frage und wie sieht das Fahrzeughandling aus?
- Kommunikation/Vermarktung: Wie wird das Projekt intern bekannt gemacht?
- Dokumentation/Unterlagen: Welche Unterlagen sind für welche Zielgruppen zu erstellen?
- Förderrelevante Punkte: Welche förderrechtlichen Punkte sind während des gesamten Projekts zu beachten?

Das Teilprojekt „Förderrelevante Punkte“ wird nachfolgend nicht näher beschrieben, da die jeweiligen Anforderungen Teil eines jeden Arbeitspakets waren.

Fahrzeuge

Im Rahmen dieses Teilprojekts wurde gemeinsam mit der Abteilung „Fahrbereitschaft“ von RWE vereinbart, dass alle im Projekt befindlichen Fahrzeuge regelmäßig angefahren und kontrolliert werden. Es wurde ein verbindlicher Wartungsplan verabschiedet. Die Inhalte dieser Wartungsbesuche waren hier neben der turnusmäßigen Wäsche/Innenreinigung auch die Reifendruckkontrolle, eine Unfallsichtprüfung, technische Funktionsprüfung etc. Bei notwendigen Reparaturen/Inspektionen/Reifenwechselprozessen wurde das betroffene Fahrzeug stets in die zuständige Werkstatt gefahren. Die Abteilung Fahrbereitschaft hat für



Abb. 89: Fahrzeugdesign

diese Zwecke einen Smart ed3 fest zugeordnet bekommen, um diese Leistungen zu erbringen. Es war so auch möglich, Ausfallzeiten von einzelnen Fahrzeugen durch den Tausch des jeweiligen Fahrzeugs mit dem Abteilungsfahrzeug zu vermeiden. Stornierungen von Buchungen konnten so erheblich reduziert werden.

Für einen einheitlichen Auftritt wurde ein attraktives „CO-Branding“ entwickelt und foliert. Abbildung 89 zeigt das Design der Fahrzeuge im RWE-Flottentest. Ein Ausnahmefall bildete dabei der RWE-Unternehmensbereich „Westnetz“. Durch energierechtliche Rahmenbedingungen durfte hier keine RWE-Folierung genutzt werden.

Die vorliegenden Plug&Charge IDs aller Fahrzeuge wurden in der Vertragsdatenbank im RWE IT-Backend hinterlegt und mit umfassenden Ladeberechtigungen versehen. Alle Fahrzeuge haben ein Ladekabel erhalten.

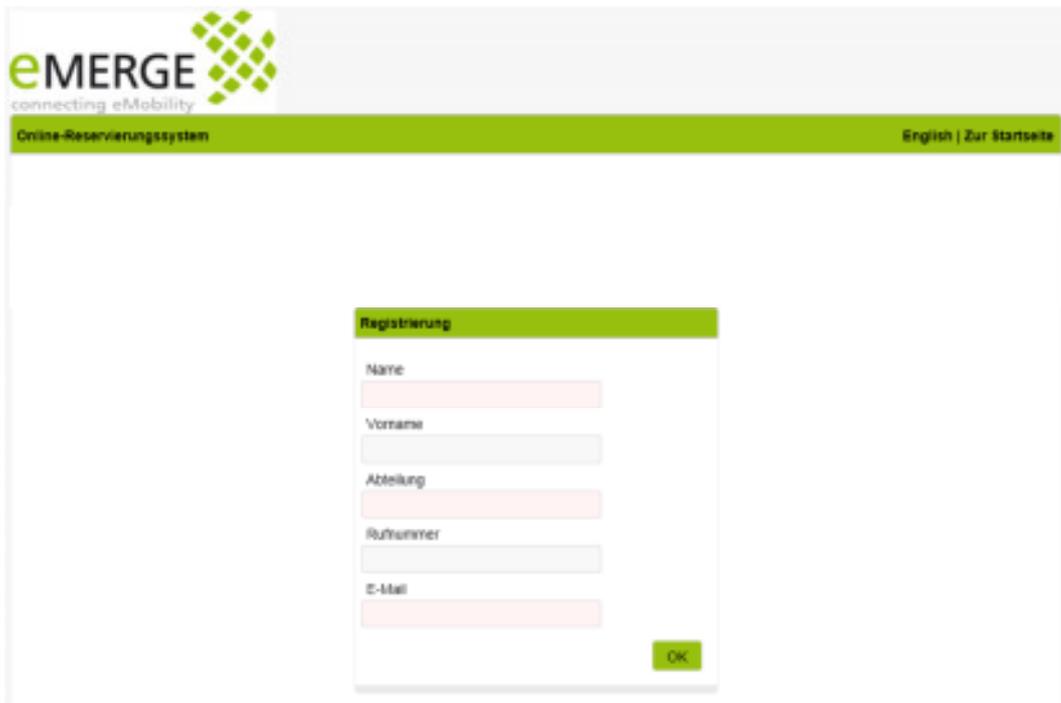
Gemeinsam mit den RWE-internen Abteilungen Personal und Recht sowie dem Betriebsrat wurden alle rechtlichen Auswirkungen der Fahrzeugüberlassung an Mitarbeiter besprochen und in Form von Nutzungsbedingungen festgeschrieben.

Buchungstool

Eine für jeden Mitarbeiter einfach erreichbare Buchungsplattform ist ein wichtiges Element für die zahlreiche Nutzung des Fahrzeugpools. Im Rahmen des Teilprojekts fiel die Entscheidung auf das Buchungstool, welches schon im Förderprojekt MetropolE zum Einsatz gekommen ist. Die notwendigen Anpassungen für das Projekt eMERGE wurden in Form eines Anforderungsdokuments festgeschrieben und von einem externen Dienstleister programmiert. Die Plattform ist bis heute über das RWE Intranet erreichbar.

Vor dem GoLive mussten jedoch alle notwendigen Dokumente aus dem Teilprojekt „Dokumentation/Unterlagen“ fertiggestellt werden. Die Dokumente (Bedienungsanleitung Buchungstool sowie die Nutzungsbedingungen) wurden im Intranet als Download zur Verfügung gestellt.

Der Mitarbeiter muss sich initial registrieren und erhält im Anschluss per Aktivierungs-Mail seine Login-Informationen (siehe Abbildung 90).



Registration

Name:

Vorname:

Abteilung:

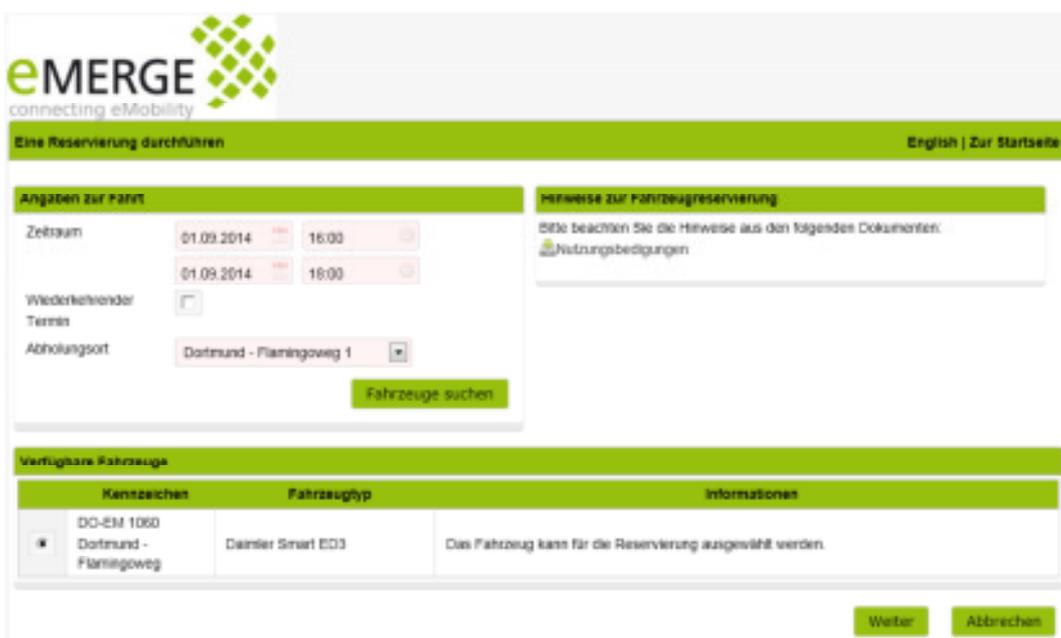
Rufnummer:

E-Mail:

Abb. 90: Registrierung

Mit diesen Daten kann sich der Mitarbeiter zukünftig einloggen und Buchungen vornehmen. Sollte das Passwort verloren gegangen sein, kann ein neues Passwort per Mausklick angefordert werden.

Um eine Fahrzeugreservierung durchzuführen, muss der Mitarbeiter den gewünschten Zeitraum und den Standort auswählen. Die verfügbaren Fahrzeuge werden ihm angezeigt und er kann die Buchung abschließen (Siehe Abbildung 91).



Angaben zur Fahrt

Zeitraum: 01.09.2014 16:00 - 01.09.2014 16:00

Wiederkehrender Termin:

Abholort: Dortmund - Flemingoweg 1

Hinweise zur Fahrzeugreservierung

Bitte beachten Sie die Hinweise aus den folgenden Dokumenten:

Verfügbare Fahrzeuge

Kennzeichen	Fahrzeugtyp	Informationen
<input checked="" type="checkbox"/> DO-EM 1060 Dortmund - Flemingoweg	Danieler Smart E03	Das Fahrzeug kann für die Reservierung ausgewählt werden.

Abb. 91: Buchung

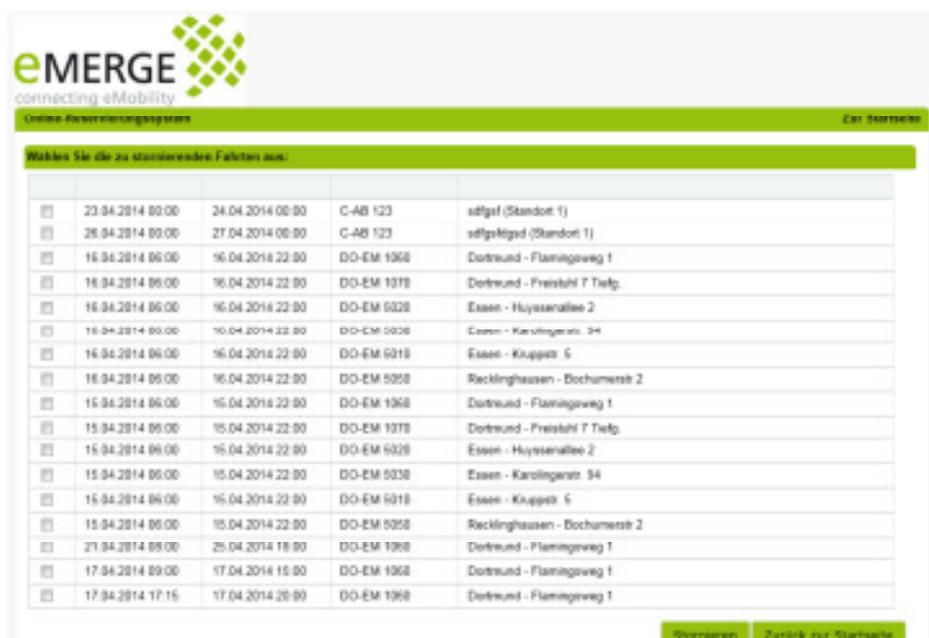
Nach jeder Buchung ist jedes Fahrzeug für zwei Stunden blockiert, um ausreichend Zeit für die Vollaftung zur Verfügung zu stellen. Der Nutzer erhält nach Abschluss des Prozesses eine eMail zur Bestätigung. Diese ist vom Nutzer ausdrückt bei der Fahrzeugentleihe mitzubringen. Buchungsstornierungen sowie Änderungen sind jederzeit ebenfalls möglich.

Standorte

Im Rahmen dieses Teilprojekts wurden neun „Entleihstandorte“ für die Fahrzeuge bestimmt. Das zehnte Fahrzeug wurde als Service- und Tauschfahrzeug von der Fahrbereitschaft genutzt. Die RWE Standorte befinden sich in den Städten Dortmund, Essen und Recklinghausen. Zwischen diesen Standorten findet zahlreicher Pendelverkehr von Mitarbeitern statt. Die Standorte im Herzen des Ruhrgebiets eignen sich darüber hinaus auch dazu, Kundentermin oder andere dienstliche Fahrten mit dem Fahrzeugpool wahrzunehmen.

Mit den einzelnen Standortverantwortlichen aus dem Gebäudemanagement wurden die Standorte und Parkplätze vereinbart. An Standorten, an denen neue Ladeinfrastruktur aufgebaut werden musste, wurden Gestattungserklärungen für den Aufbau und Betrieb der Ladeinfrastruktur vereinbart. Die Standorte mit bereits vorhandener Ladeinfrastruktur wurden, genau wie zahlreiche weitere öffentliche Ladesäulen im Ruhrgebiet, mit den neuen PLC-Modems ausgestattet. So ist das Plug&Charge Laden an allen Standorten der Fahrzeuge und für das Nachladen auch in der nahen Öffentlichkeit für die Fahrzeuge verfügbar.

Der Abschluss dieses Teilprojekts bildeten Gespräche mit der Abteilung „Sicherheitsmanagement“ bei RWE. Diese Abteilung hat die Verantwortung für alle Pförtner im RWE-Konzern. Diese musste den zusätzlichen Aufgaben der Pförtner an den betroffenen Standorten zustimmen. Zudem wurden einvernehmlich klare Kommunikationswege für die Arbeitsanweisungen an die Pförtner vereinbart. Die wesentlichen Aufgaben der Pförtner im Projekt sind die Schlüsselaus- und -annahme, die Prüfung der einzelnen Buchung und die Kontrolle der Fahrerlaubnis von Nutzern. Geschult wurden die Pförtner durch schriftliche Dienst-anweisungen. Die Pförtner haben sich zu Beginn des Tages die jeweiligen Buchungen des Tages im Buchungstool angesehen (siehe Abbildung 92).



eMERGE connecting eMobility		Online-Buchungsübersicht		Zur Startseite	
Wählen Sie die zu stornierenden Fahrten aus:					
<input type="checkbox"/>	23.04.2014 00:00	24.04.2014 00:00	C-AB 123	sdlgaf (Standort 1)	
<input type="checkbox"/>	26.04.2014 00:00	27.04.2014 00:00	C-AB 123	sdlgaf (Standort 1)	
<input type="checkbox"/>	16.04.2014 06:00	16.04.2014 22:00	DO-EM 1968	Dortmund - Flemingweg 1	
<input type="checkbox"/>	16.04.2014 06:00	16.04.2014 22:00	DO-EM 1978	Dortmund - Freisohl 7 Tief.	
<input type="checkbox"/>	16.04.2014 06:00	16.04.2014 22:00	DO-EM 6928	Essen - Huyssenallee 2	
<input type="checkbox"/>	16.04.2014 06:00	16.04.2014 22:00	DO-EM 6938	Essen - Karolingerstr. 34	
<input type="checkbox"/>	16.04.2014 06:00	16.04.2014 22:00	DO-EM 6918	Essen - Kluppen 5	
<input type="checkbox"/>	16.04.2014 06:00	16.04.2014 22:00	DO-EM 5958	Recklinghausen - Bochumerstr 2	
<input type="checkbox"/>	15.04.2014 06:00	15.04.2014 22:00	DO-EM 1968	Dortmund - Flemingweg 1	
<input type="checkbox"/>	15.04.2014 06:00	15.04.2014 22:00	DO-EM 1978	Dortmund - Freisohl 7 Tief.	
<input type="checkbox"/>	15.04.2014 06:00	15.04.2014 22:00	DO-EM 6928	Essen - Huyssenallee 2	
<input type="checkbox"/>	15.04.2014 06:00	15.04.2014 22:00	DO-EM 5938	Essen - Karolingerstr. 34	
<input type="checkbox"/>	15.04.2014 06:00	15.04.2014 22:00	DO-EM 6918	Essen - Kluppen 5	
<input type="checkbox"/>	15.04.2014 06:00	15.04.2014 22:00	DO-EM 5958	Recklinghausen - Bochumerstr 2	
<input type="checkbox"/>	21.04.2014 06:00	25.04.2014 18:00	DO-EM 1968	Dortmund - Flemingweg 1	
<input type="checkbox"/>	17.04.2014 09:00	17.04.2014 15:00	DO-EM 1968	Dortmund - Flemingweg 1	
<input type="checkbox"/>	17.04.2014 17:15	17.04.2014 20:00	DO-EM 1968	Dortmund - Flemingweg 1	

Abb. 92: Buchungsübersicht

Kommunikation/Vermarktung

Eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg des Projekts und eine rege Nutzung der Fahrzeuge war die interne Kommunikation. Das Projekt wurde sehr prominent im Intranet (u.a. durch ein Video) vorgestellt und durch Newsletter bekannt gemacht. In der RWE-Mitarbeiterzeitschrift „team“ wurde zudem ausführlich über das Projekt berichtet. An den Fahrzeugstandorten wurde zudem auf allen Etagen mit dem Poster in Abbildung 93 geworben.



Abb. 93: Poster eMERGE

Dokumentation/Unterlagen

Wie bereits in den vorhergehenden Teilprojekten beschrieben, waren für den rechtlich sicheren Verlauf und für die Schulung aller beteiligten Mitarbeiter unterschiedliche Unterlagen zu erstellen. Dies waren insbesondere:

- Bedienungsanleitung Buchungstool für Mitarbeiter und Pförtner
- Nutzungsbedingungen Fahrzeugausleihe
- Schulungsunterlage/Arbeitsanweisung für Pförtner
- Formular Schlüsselausgabe- und -annahme für Pförtner
- Bedienungsanleitung Fahrzeug und Ladeprozess im Auto

Ergebnis

Bis zum Projektende wurden insgesamt über 80.000 Kilometer rein elektrisch gefahren. Die Aufteilung über die einzelnen Fahrzeuge ist der Tabelle 15 zu entnehmen:

Kennzeichen	KM
DO EM 5010	8.100
DO EM 5020	10.450
DO EM 5030	3.022
DO EM 5040	11.378
DO EM 5050	3.660
DO EM 1040	8.690
DO EM 1050	5.940
DO EM 1060	14.055
DO EM 1070	8.962
DO EM 1080	6.730

Tab. 15 Fahrleistungen

Konzernweit haben sich circa 1.000 Nutzer registriert und die gefahrenen Kilometer teilen sich auf über 1.400 Buchungen auf.

8.4.3 Lessons learned

Die Umsetzung eines konzernweiten Fahrzeugpools stellt einen enormen Aufwand dar. Erst im Projektverlauf stellten sich neue Herausforderungen, wie z. B. Genehmigungen einzelner Abteilungen. Im RWE-Anwendungsfall hat sich gezeigt, dass der Fahrzeugpool eine wirkliche Alternative zu den alternativen Transportmitteln (Taxi, privater PKW, ÖPNV etc.) ist. Begünstigend wirken hier sicherlich die zahlreichen Standorte in der Metropolregion Rhein/Ruhr. Das Projekt hat eine so positive Resonanz erzeugt, dass RWE über das Projektende hinaus 5 Fahrzeuge im Pool behält.

9 AP 100 – Projektmanagement

Zur Unterstützung der Projektpartner wurde der Dienstleister inno AG aus Karlsruhe mit der Koordination des Projektes beauftragt. Der Schwerpunkt der Aktivitäten lag in der Gewährleistung des regelmäßigen Austausches der Partner zum Bearbeitungsstand des Projektes in den jeweiligen Arbeitspaketen, der regelmäßigen projektübergreifenden Berichterstattung in Form von Zwischenberichten sowie der Unterstützung bei der Erstellung des Abschlussberichts. Ein weiteres Aufgabengebiet umfasste die Unterstützung bei der Öffentlichkeitsarbeit sowie insbesondere der Koordination der Kunden-/Abschlussevents. Auch spezifische Anfragen, wie z. B. der Bericht von eMERGE zum Thema „Best Practice: Einsatz der Elektromobilität – Identifikation vorbildhafter Aspekte“ wurden entworfen, koordiniert und geschrieben.

Eingerichtet wurden eine *Projektsteuerungs-* sowie eine *Kommunikationsgruppe*, deren Telefonkonferenzen und Treffen von inno vorbereitet, organisiert, moderiert und nachbereitet wurden:

Projektsteuerungsgruppe

Mit Projektbeginn im Juli 2012 wurde eine *Projektsteuerungsgruppe* aufgesetzt, der Vertreter aller Projektpartner angehörten. In den regelmäßig stattfindenden Telefonkonferenzen (in aller Regel 14tägig, insgesamt rund 50) sowie zusätzlich den im Durchschnitt alle drei Monate stattfindenden Treffen (insgesamt in der Projektlaufzeit 12)

- 2012: Kick-off im September am Daimler-Standort Nabern bei Stuttgart; Ende November bei der RWE in Essen,
- 2013: 4 Treffen (Ende Februar und April, beide in Berlin bei Fraunhofer FOKUS und der TU Berlin; im Juli an der Universität Siegen, Ende Oktober an der RWTH University Aachen),
- 2014: 5 Treffen (im Januar bei PTV in Karlsruhe; im März bei RWE in Berlin gekoppelt mit einem Kundenevent; im Juni an der TU Berlin; im September in Paffendorf (RWE), gekoppelt mit einem Kundenevent; im Dezember bei Fraunhofer FOKUS in Berlin),
- 2015: 1 Treffen (im Juni bei der EnergieAgentur.NRW in Düsseldorf gekoppelt mit dem Kundenevent in Much),

wurde – neben allgemein anstehenden Themen – jeweils über den Aktivitätsfortschritt in den Arbeitspaketen berichtet. Die Treffen wurden darüber hinaus dazu genutzt, bestimmte „Schwerpunkt“-Themen, die gerade akut waren, vertieft zu präsentieren und diskutieren.

Kommunikationsgruppe

Anfang 2013 wurde eine *Kommunikationsgruppe* ins Leben gerufen, die sich ebenfalls regelmäßig in Telefonkonferenzen (insgesamt rund 50) über den Stand der öffentlichkeitswirksamen Maßnahmen und damit der Planung, Vorbereitung und Durchführung aller Aktivitäten zur Darstellung des Projektes nach außen austauschte. Auch dieser Gruppe gehörten Vertreter aller Projektpartner an. Zentrale Aktivitäten bildeten die Erstellung und Pflege der Inhalte der Website (www.eMERGE-Projekt.de, die heute für eMERGE II genutzt wird), die Präsentation des Projektes und deren Ergebnisse auf verschiedenen öffentlichen Veranstaltungen, die Unterstützung bei der Planung und Vorbereitung eines Films der EnergieAgentur NRW zu eMERGE sowie die Planung und Durchführung der Kunden-/ Abschlussevents.

10 Kundenevents – Pioniere der Elektromobilität

Ab ca. Mitte der Projektlaufzeit wurden die „Pioniere“ in den Regionen Rhein-/ Ruhr und Berlin von den Projektpartnern zu sog. *Kundenevents* eingeladen. Diese boten eine Plattform zum gegenseitigen Erfahrungs- und Informationsaustausch sowohl der Pioniere untereinander als auch mit den Projektpartnern. Außerdem wurde seitens der Projektpartner ein vertiefter Einblick in das Projekt sowie der Ergebnisse gegeben.

Insgesamt fanden vier Kundenevents statt – je zwei in Rhein-/ Ruhr und Berlin, wobei die beiden letzten Events je den Charakter eines Abschlussevents hatten:

- 27. März 2014 in Berlin,
- 20. September 2014 in Paffendorf,
- 20. Juni 2015 in Köln / Much,
- 20. Juli 2015 in Berlin.

Kundenevent im März 2014 in der RWE Repräsentanz in Berlin

Am 27. März 2014 trafen sich 12 der bis dahin 29 eMERGE Pioniere aus der Modellregion Berlin/ Potsdam in der RWE Repräsentanz in Berlin. Das Programm sah neben der Vorstellung der ersten Projektergebnisse einen Austausch der gewonnenen Erfahrungen vor. Im Anschluss hatten die Kunden die Möglichkeit, die Fachmesse eFleet zu besuchen und sich dort Fachvorträge anzuhören und Testfahrten mit verschiedenen Elektrofahrzeugen zu machen.



Kundenevent im September 2014 bei der RWE in Paffendorf

VORWEG GEHEN



Nach dem gelungenen Event in Berlin wurden die eMERGE – Kunden aus der Modellregion Rhein-/Ruhr nach Paffendorf eingeladen. Von den dort etwa 90 Kunden nahmen rund 40 Kunden die Einladung wahr und kamen am 20. September mit ihren *smart fortwo electric drive* zum Schloss Paffendorf.

Die Veranstaltung untergliederte sich in zwei Teile: Der erste Veranstaltungsteil startete am Vormittag im Schloss Paffendorf. Neben der Vorstellung der Projektergebnisse fand ein lebendiger Austausch über die Projektziele und die Wünsche für die Zukunft der Elektromobilität statt. Die Veranstaltung wurde am Nachmittag mit einem Besuch des Braunkohletagebaus Garzweiler abgerundet. Nach einer kurzen Einführung im Infozentrum wurden die Gruppen in den Tagebau, durch angrenzende Rekultivierungsgebiete und durch einen Umsiedlungsort geführt.



Kunden-/ Abschlussevent im Juni 2015 in Rhein-/ Ruhr

Am 20. Juni startete das Kunden-/ Abschlussevent für die Pioniere der Region Rhein-Ruhr am Morgen im smart Center Köln. Zwei Experten von Daimler erläuterten technische Details zum smart fortwo electric drive und gaben einen Einblick in dessen Entwicklung. Außerdem beantworteten sie die zahlreichen Fragen der Kunden.

Gegen Mittag startete der smart fortwo electric drive Korso mit knapp 30 Fahrzeugen zu einer Fahrt durch das bergische Land nach Much. Zurück gelegt wurden ca. 50 km.



In Much begrüßte der Bürgermeister die Pioniere. Die Projektpartner stellten die Projektergebnisse vor. Abschließend wurden die Pioniere in den folgenden Kategorien ausgezeichnet:

- höchste Anzahl an Ladevorgängen $\geq 1\text{kWh}$ - 578
- niedrigster \emptyset Energieverbrauch je 100km - 10,39
- höchste \emptyset Rekuperation je 100km - 3,03
- größte gefahrene Distanz insgesamt - 21.371
- längste zurückgelegte Distanz mit einer Ladung - 161



Kunden-/ Abschlussevent im Juli 2015 in Berlin

Am 30. Juli 2015 nachmittags fand das Abschlussevent des Projektes eMERGE in der Mercedes-Welt am Salzufer in Berlin statt.

Das BMVI war durch Dr. Veit Steinle, Abteilungsleiter Grundsatzangelegenheiten, mit einem Vortrag zum Thema: „Ziele und Strategien der Bundesregierung zur Förderung der Elektromobilität“ vertreten. Des Weiteren nahmen Vertreter vom PTJ, der Projektleitstelle und der NOW teil.

Auch auf dem Abschlussevent wurden die Projektergebnisse präsentiert und intensiv diskutiert.



Zusammenfassung

11 Wesentliche Ergebnisse

Abschließend werden die zentralen Projektergebnisse zusammenfassend dargestellt:



Flottenversuche in Rhein/Ruhr und Berlin
Daimler / RWE

Flottenversuch bei Daimler mit „echten“ Kunden

- Anzahl der Fahrzeuge im Projekt: 136 (120 mit Datenlogger)
- Fahrleistung gesamt : > 1.000.000 km

Flottenversuch innerhalb der Standorte bei RWE

- Anzahl der Fahrzeuge im Projekt: 10 (keine Datenlogger)
- Fahrleistung gesamt : > 80.000 km
- Circa 800 registrierte Nutzer und über 1.000 Buchungen

Aufbau Infrastruktur durch RWE und Erprobung gemeinsam mit Daimler

- Installation von intelligenten Wallboxen: 11
- Umrüstung von Ladesäulen für Plug&Charge : 20

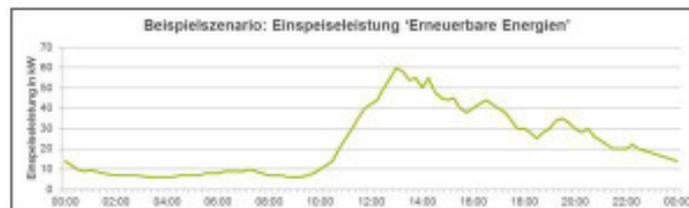
© eMERGE | Dezember 15 | 2



Ladekommunikation

Daimler / RWE

- Entwickeltes und optimiertes Testkonzept zur fehlerfreien Funktionalität des Fahrzeugs bei der Kommunikation mit der Ladeinfrastruktur
- Testautomatisierungstool zur Verbesserung der Testsystemschnittstelle für die Absicherung der Smart-Charge-Communication zwischen Fahrzeug und Ladesäule
- Rückspiegelung von Ergebnissen aus dem Feldversuch in die ISO 15118 User Group als Themenspeicher für die weitere Standardisierung der Ladekommunikation,
- Erprobung von Plug&Charge bei Teilnehmern mit PV-Anlage vor Ort brachte viele Erkenntnisse für zukünftige Systemstabilität auf Auto und Ladesäulenseite.
- Steuerung der Fahrzeuge für optimierte CO2 wurde getestet – keinerlei Nutzungseinschränkungen



© eMERGE | Dezember 15 | 3



Betrachtung der Verkehrsanforderungen

PTV, TU Berlin

Simulation des Infrastrukturbedarfs

- Der Ladeinfrastrukturbedarf für die Stadt Berlin wurde durch Überlagerung der Nacht-, Tages- und Kurzzeitladewünsche potenzieller Nutzergruppen für das Jahr 2025 ermittelt.
- Der Bedarf an öffentlich zugänglichen Ladesäulen wird auf eine Bandbreite von 6.900 bis 7.900 Ladesäulen eingeschätzt.
- Dies erfolgte auf der Basis einer Potenzialanalyse, der zufolge im Jahr 2025 prognostizierte 108.000 bis 123.000 Elektrofahrzeuge in der Stadt fahren.
- Im halböffentlichen Bereich bestehen Anreize bei privaten Unternehmen, Ladeinfrastruktur im Kontext von „Plattform-Strategien“ anzubieten (LI + Parkplatz + Einkauf / Freizeit / usw.).
- Hohe Wahrscheinlichkeit, dass private Unternehmen in diesem Zusammenhang zu großen Teilen Finanzierung übernehmen.
- Gewisse Vorgaben und Informationen zur Schnittstellengestaltung zwischen Endkunde, LI, Fahrzeug und Energiesystem zu empfehlen, um „Einfachheit“ auf Seiten der Nutzer sowie auch der privaten Anbieter zu gewährleisten.

© eMERGE | Dezember 15 | 4



Integration und Harmonisierung

Fraunhofer FOKUS

Automatisierte Ladesäulen-Reservierungen und intelligent gesteuertes Laden

- Entwicklung einer Smartphone-basierten App, die Nutzern von Elektro-Fahrzeugen automatisierte Ladesäulen-Reservierungen ermöglicht und gesteuerte Ladevorgänge unterstützt.
- Großflächige simulative Untersuchung (Bundesländer Berlin und Brandenburg), welche Vorteile die App bringt.
- Für die Simulation wurde die Simulationsumgebung VSimRTI verwendet, die in der Lage ist, Interdependenzen vom Fahrzeug, über Energie und Verkehr bis hin zu den Nutzern zu modellieren.
- Der Schwerpunkt der Simulation lag auf zwei Szenarien: Die Ladesäulenreservierung für die Nutzer von Car-Sharing und die optimale Nutzung von Windenergie für die Weitpendler in Berlin und Brandenburg.
- In der Simulation konnte gezeigt werden, dass die App die Suche nach freien Ladesäulen deutlich vereinfacht. Es ergibt sich eine durchschnittliche Wegeinsparung von etwa 27 Prozent, was wiederum Fahrzeit und Akkuenergie spart.
- Zur Verbesserung der Nutzung der stark schwankenden Windenergie wurden unterschiedliche Lademöglichkeiten entwickelt, welche Spitzenlastzeiten erfolgreich vermeiden.



Nutzerprofile und Akzeptanzmessungen zur eMobilität

Universität Siegen

Clusteranalyse zur Zielgruppenbestimmung (Studie mit n=727)

- Potenzielle Käufer: Gekennzeichnet durch positive Einstellung zur Elektromobilität und hohe Kaufabsicht
- Die Unentschlossenen: Gekennzeichnet durch ein hohes Vorwissen sowie eine positive Einstellung zur Elektromobilität; allerdings fehlen die finanziellen Ressourcen
- Autoliebhaber mit Benzin im Blut: Gekennzeichnet durch ein geringes Vorwissen sowie eine starke negative Einstellung zur Elektromobilität; sie bevorzugen stets ein Verbrennungsfahrzeug

Conjointanalyse zur Präferenzbestimmung (2 Studien mit n=175 und n=132)

- Die Reichweite ist nachweisbar der wichtigste Faktor beim Fahrzeugkauf
- 500 Kilometer Reichweite sollten sein, damit sich Probanden nicht eingeschränkt fühlen
- Der Preis, die Anzahl an Sitzplätzen sowie die Ladedauer sind ebenfalls wichtige Kaufkriterien



Geschäftsmodelle für die eMobilität

RWTH Aachen

- Erarbeitung eines Geschäftsmodells zur Nutzung der Lithiumionen Batterie aus dem Elektrofahrzeug auf einem Zweitmarkt „secondary life of battery“ (z.B. als Zwischenspeicher für Energien aus Photovoltaikanlagen)
- Mit Hilfe der Simulationssoftware AnyLogic wurden mögliche Entwicklungen der Nachfrage von Elektroautos in Abhängigkeit von vier verschiedenen Einflussfaktoren (Geschäftsmodelle, staatliche Anreize, technische Möglichkeiten und Lademöglichkeiten) modelliert
- Erarbeitung von Pricing Strategien und Investitionsanreizen im halböffentlichen Raum für Elektrofahrzeuge

12 eMERGE II – Folgeprojekt



Mit dem Förderprojekt „eMERGE II“ wird der in „eMERGE: Wege zur Integration von Energie-, Fahrzeug- und Verkehrsanforderungen“ zugrunde gelegte Ansatz, bei dem Interdependenzen, Fremdwirkungen und Abhängigkeiten aus den Domänen Verkehr, Energie, Fahrzeug und Nutzer ganzheitlich untersucht wurden, konsequent fortgeführt. Das Projekt startete im März 2015 und geht bis März 2017.

eMERGE II verfolgt das Ziel anhand von realen Kundendaten die Nutzungs-, Lade- und Vermarktungsmodelle im Bereich der Elektromobilität zu evaluieren und weiterzuentwickeln. Dadurch sollen fahrzeugeitige Innovationen entwickelt und Akzeptanz für Geschäftsmodelle geschaffen werden, so dass sich Elektrofahrzeuge langfristig am Markt etablieren können. Um dieses Ziel zu erreichen, soll in den Modellregionen Berlin/ Potsdam, Stuttgart, Rhein-Ruhr und Rhein-Main eine Fahrzeugflotte von bis zu 200 Fahrzeugen zum Einsatz kommen.

Wesentlicher Mehrwert von eMERGE II gegenüber eMERGE und den Flottenversuchen in den Programmen der Modellregionen 1.0 ist die detailliertere Betrachtung spezifischer Fragestellungen mittels der gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse aus den vorangegangenen Projekten. Dies ermöglicht die Modellierung von Geschäftsmodellansätzen und die Prüfung des Nutzerverhaltens auf Robustheit. Dieses Vorgehen kann Hinweise darauf geben, welche Stellhebel genutzt werden können, um die Elektromobilität weiter in Richtung einer breiten erfolgreichen Markteinführung zu entwickeln.

In eMERGE II werden durch vollelektrisch betriebene Kompakt-Vans (B-Klasse Electric Drive) und Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge (PHEV) von Mercedes-Benz neue Fahrzeugkonzepte analysiert und das Nutzungs- und Ladeverhalten der Kunden mit den Ergebnissen aus dem Flottenversuch von eMERGE verglichen. Ausgehend von einem anderen Fahrzeugtypus und einer unterschiedlichen technischen Ausstattung lassen sich mit der B-Klasse Electric Drive andere Nutzungsmotive bei den Projektteilnehmern vermuten als beim smart fortwo electric drive, der in eMERGE untersucht wurde. Durch die Integration von PHEV in das Untersuchungsmodell kann das Nutzungsverhalten einer weiteren Kundengruppe grundsätzlich dem Verhalten von Kunden mit rein elektrischen Fahrzeugen gegenübergestellt werden.

Aufbauend auf dem vorläufigen Ergebnis von eMERGE, dass Kunden mit Elektrofahrzeugen hauptsächlich Kurzstrecken fahren (<10 km), sollen die Auswirkungen dieses Nutzerverhaltens auf die Antriebsstränge von Elektrofahrzeugen geprüft werden. Daher werden in eMERGE II die Kundenlastkollektive im realen Fahrbetrieb zur bedarfsgerechten Entwicklung und Erprobung von Aggregaten ermittelt.

Weitere Informationen können der Projektwebsite entnommen werden: <http://www.emerge-projekt.de/>