

FuE-Programm „Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich Elektromobilität“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

**Gemeinsamer Abschlussbericht zum Projektvorhaben City2.e
(Konzeptphase)
von Siemens Aktiengesellschaft,
Technische Universität Berlin (Fachgebiet Integrierte
Verkehrsplanung) und
Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM) der Universität
Greifswald
(Version 1.0 vom 03.09.2014)**

Vorhabenbezeichnung:

Elektromobilitätskonzepte für Laternenparker unter Berücksichtigung innerstädtischer Rahmenbedingungen – City2E

Laufzeit des Vorhabens:

vom: 01.01.2013

bis: 30.04.2014

Zuwendungsempfänger:

Siemens Aktiengesellschaft
Sektor Infrastructure & Cities
Division Mobility & Logistics
Technology & Innovation
Kürzel: IC MOL TI
Otto-Hahn-Ring 6
81379 München

Förderkennzeichen:

16EM1079

Abschlussbericht **City2.e** (Konzeptphase)

zum

FuE-Programm „Förderung von Forschung und
Entwicklung im Bereich Elektromobilität“ des
Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau
und Reaktorsicherheit (BMUB)

Verbundprojekt: Elektromobilitätskonzepte für
Laternenparker unter Berücksichtigung
innerstädtischer Rahmenbedingungen – City2E

Förderkennzeichen: **16EM1079**

Version 1.0 (final)

Bei personalisierten Rollen (wie z.B. „Mitarbeiter“) ist jeweils die grammatikalisch männliche Form gewählt. Selbstverständlich beziehen sich die Rollen gleichermaßen auf Frauen, die diese Rollen bekleiden.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	1/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-----------

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINFÜHRUNG.....	7
1.1	MOTIVATION DES VORHABENS	7
1.2	ZIELE DES PROJEKTES.....	7
1.3	DIE PROJEKTPARTNER.....	8
1.4	EINORDNUNG DES VORHABENS IN DEN FÖRDERPOLITISCHEN RAHMEN	9
2	EXECUTIVE SUMMARY	9
2.1	ABSTRACT / SUMMARY OF WORK-PACKAGE 2 (TU BERLIN)	9
2.2	ABSTRACTS OF WORK-PACKAGES 1+4+5 (SIEMENS IC MOL).....	11
2.3	ABSTRACTS OF WORK-PACKAGES 3+7+9 (SIEMENS AND IKEM / UNIVERSITY GREIFSWALD)	11
2.4	ABSTRACT OF WORK-PACKAGES 6+8 (IKEM)	13
3	VORAUSSETZUNGEN UND STRUKTUR DES PROJEKTES.....	13
3.1	ORGANISATORISCHE VORAUSSETZUNGEN DES VORHABENS	13
3.2	STAND VON WISSENSCHAFT UND TECHNIK ZU PROJEKTBEGINN	14
3.2.1	<i>Stand der Technik im Bereich Ladeinfrastruktur</i>	14
3.2.2	<i>Stand der Technik im Bereich Netzintegration</i>	17
3.2.3	<i>Stand der Technik im Bereich Parken</i>	18
3.2.4	<i>Stand der Wissenschaft zum Arbeitspaket Geschäfts- und Finanzierungsmodelle</i>	19
3.2.5	<i>Stand der Wissenschaft zum Arbeitspaket Recht</i>	19
3.2.6	<i>Stand der Wissenschaft zum Arbeitspaket Modellierung/Simulation</i>	22
3.2.7	<i>Stand der Wissenschaft zu Stakeholder- und Nutzeranalyse</i>	25
3.3	ZEITLICHER ABLAUF UND RAHMENTERMINPLAN	27
3.4	ZUSAMMENARBEIT MIT WEITEREN AKTEUREN	27
4	ERGEBNISSE DES FÖRDERVORHABENS	28
4.1	STÄDTBAULICHE INTEGRATION (AP1) -> ALBERT SPEER & PARTNER.....	28
4.1.1	<i>Vorgaben</i>	28
4.1.2	<i>Lösungsansatz Ladeinsel</i>	28
4.1.3	<i>Ladeinseln im städtischen Raum</i>	35
4.1.4	<i>Kostenschätzung Ladeinseln</i>	40
4.2	NUTZUNGSKONZEPT UND AKZEPTANZANALYSEN (AP2) -> TU BERLIN – IVP.....	40
4.2.1	<i>Arbeitspaketbeschreibung</i>	40
4.2.2	<i>Forschungsfrage und Methodik</i>	41
4.2.3	<i>Untersuchungsgebiet Prenzlauer Berg</i>	42
4.2.4	<i>Sekundäranalyse</i>	42
4.2.5	<i>Qualitative Analyse: Beschreibung der Stichprobe</i>	43
4.2.6	<i>Qualitative Analyse: Ergebnisse</i>	44
4.2.7	<i>Empfehlungen</i>	54
4.2.8	<i>Fazit und Forschungsbedarf</i>	57
4.3	V2G-LADEPUNKTE UND AUTOS (AP3) -> SIEMENS CORPORATE TECHNOLOGY.....	58
4.3.1	<i>Smart Grid Simulations- und Regelsystem</i>	59
4.3.2	<i>Flottensimulation</i>	67
4.3.3	<i>Physikalischer Systemaufbau</i>	70
4.3.4	<i>Bidirektional ladbare V2G Stromos</i>	70
4.3.5	<i>Realisiertes Beispielszenario</i>	73
4.4	SYSTEMARCHITEKTUR UND MOBILITY SERVICES (AP4+5) -> SIEMENS IC MOL TI	76
4.5	RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN (AP6) -> IKEM	79
4.5.1	<i>Inhalte und Ziele des Arbeitspakets</i>	79
4.5.2	<i>Modul 1 – Überblick über die rechtlichen Rahmenbedingungen</i>	80
4.5.3	<i>Modul 2 – Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur</i>	81
4.5.4	<i>Modul 3 – Parkraummanagement</i>	85
4.5.5	<i>Modul 4 – Netzintegration</i>	86
4.5.6	<i>Modul 5 – IT-Plattform</i>	87

4.6	ÖKOBLANZIERUNG (AP7) -> SIEMENS CORPORATE TECHNOLOGY	87
4.6.1	Zielsetzung	87
4.6.2	Vorgehensweise und Methodenbeschreibung	88
4.6.3	Auswertung der Ergebnisse	93
4.6.4	Ökologische Auswirkungen durch Elektrofahrzeuge in Prenzlauer Berg im Jahr 2030	95
4.6.5	Unterschiede zwischen ökonomisch und ökologisch optimierter Lade-/ Rückspeisesteuerung	96
4.6.6	Fazit	98
4.7	GESCHÄFTS- UND FINANZIERUNGSMODELLE (AP8) -> IKEM	99
4.7.1	Inhalte und Ziele des Arbeitspakets	99
4.7.2	Modul 1: Annahmen und Prämissen	99
4.7.3	Modul 2: Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur	101
4.7.4	Modul 3: Parkraummanagement	105
4.7.5	Modul 4: Netzintegration	107
4.7.6	Modul 5: IT-Plattform	109
4.8	MODELLIERUNG UND VISUALISIERUNG (AP9) -> SIEMENS CORPORATE TECHNOLOGY	111
4.8.1	Ziel	111
4.8.2	Modellierung – Makrosicht – Kaufentscheidung	111
4.8.3	Modellierung – Meso-/Mikrosicht - Ladesäulenplatzierung	114
4.8.4	Ausblick	119
5	ERLÄUTERUNGEN ZUR MITTELVERWENDUNG	119
5.1	HAUPTPOSITIONEN DES ZAHLENMÄßIGEN NACHWEISES	119
5.2	NOTWENDIGKEIT UND ANGEMESSENHEIT DER GELEISTETEN ARBEIT	120
6	ERGEBNISVERWERTUNG	121
6.1	NUTZEN ENTSPRECHEND VERWERTUNGSPLAN	121
6.2	GEPLANTE VERÖFFENTLICHUNGEN	122
6.3	ANGEMELDETE SCHUTZRECHTE UND ERFINDUNGEN	123
7	AUSBLICK	123
8	ANHANG	124
8.1	AUTORENLISTE	124
8.2	ABKÜRZUNGEN	124
8.3	QUELLEN-/LITERATURVERZEICHNISSE	125
9	ANLAGEN	129
9.1	ANLAGE IKEM ZU ARBEITSPAKET GESCHÄFTSMODELLE	129
9.2	ANLAGE TUB ZU ARBEITSPAKET NUTZUNGSKONZEPT UND AKZEPTANZANALYSEN	131
9.2.1	Anlage TUB 1: Übersicht der verschiedenen Formen des privaten Autoteilens	131
9.2.2	Anlage TUB 2: Verkehrsmittelsteckbrief aus Nutzersicht	132
9.2.3	Anlage TUB 3: ÖPNV-Angebot Prenzlauer Berg	134
9.2.4	Anlage TUB 4: Parksituation und Carsharing-Angebot Prenzlauer Berg	135
9.2.5	Anlage TUB 5: Motive der Verkehrsmittelwahl (nach Schlag und Schade 2007)	136

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Zielfunktion	8
Abbildung 2: Organisationschart des Verbundprojektes	14
Abbildung 3: Grundriss 6er-Modul	30
Abbildung 4: Seitenansicht 6er-Modul	30
Abbildung 5: Perspektive 6er-Modul	31
Abbildung 6: Vogelperspektiven 6er-Modul	31
Abbildung 7: Seitenansichten 6er-Modul	31

Abbildung 8: Perspektive 4er-Modul Längsparker.....	32
Abbildung 9: Vogelperspektiven 4er-Modul Längsparker	32
Abbildung 10: Seitenansichten 4er-Modul Längsparker	32
Abbildung 11: Perspektive 4er-Modul Senkrechtparker.....	33
Abbildung 12: Vogelperspektiven 4er-Modul Senkrechtparker	33
Abbildung 13: Seitenansichten 4er-Modul Senkrechtparker	33
Abbildung 14: Perspektive 2er-Laternenparker	34
Abbildung 15: Vogelperspektiven 2er-Laternenparker.....	34
Abbildung 16: Seitenansichten 2er-Laternenparker	34
Abbildung 17: Standorte Ladeinseln.....	35
Abbildung 18: Standort Ladeinsel Bereich Gastronomienutzung.....	36
Abbildung 19: 3D Skizze 4er-Ladeinsel Längsparker Bereich Gastronomie	36
Abbildung 20: Standort Ladeinsel Bereich Wohnungsnutzung	37
Abbildung 21: 3D Skizze 4er-Ladeinsel Senkrechtparker Bereich Wohnnutzung.....	37
Abbildung 22: 3D Skizze 2er-Laternenparker Bereich Wohnnutzung	38
Abbildung 23: Bereich Einkaufen.....	38
Abbildung 24: photorealistische Darstellung 6er-Ladeinsel mit Blick von der Straße, Variante Holzdach im Bereich Einkaufen.....	39
Abbildung 25: photorealistische Darstellung 6er-Ladeinsel mit Blick vom Bürgersteig, Variante Holzdach im Bereich Einkaufen.....	39
Abbildung 26: photorealistische Darstellung 6er-Ladeinsel mit Blick vom Bürgersteig, Variante Stahldach im Bereich Einkaufen.....	40
Abbildung 27: Zusammenhang zwischen Verkehrsmittelnutzung und Bereitschaft zur Autoabschaffung.....	52
Abbildung 28: Zusammenhang zwischen Verkehrsmittelnutzung und verringerter Autonutzung.....	53
Abbildung 29: Veränderungspotential der Laternenparker	54
Abbildung 30: Übersicht des SOEasy Regelkreises.....	61
Abbildung 31: Komponenten und ihre Schnittstellen	62
Abbildung 32: Sequenzdiagramm des Ablaufs einer Day Ahead Planung	64
Abbildung 33: Screenshot des Day Ahead Marktes für ein Beispiel mit 5 Elektrofahrzeugen und 3 Hochpreisphasen	64
Abbildung 34: Sequenzdiagramm des Ablaufs einer Intra-Day Planung.....	66
Abbildung 35: Screenshot des Intra-Day Markts für ein Beispiel mit einem ungeplant ankommenden Elektrofahrzeug.....	66
Abbildung 36: Sequenz Diagramm für den Ablauf der Sollwertvorgabe.....	67
Abbildung 37: User Interface der Lastflusssimulation.....	67
Abbildung 38: V2G-Stromos: Vollelektrische Prototypenfahrzeuge mit bidirektionaler Ladefunktionalität.....	71
Abbildung 39: Ansicht des Motorraums mit Hochvolt-Komponenten.....	71
Abbildung 40: Hochvolttopologie der Prototypenfahrzeuge	72
Abbildung 41: Mögliche Kommunikationsschnittstellen für die Anbindung von V2G-Fahrzeugen an Ladesäulen, Infrastruktur und Benutzer	72
Abbildung 42: Realisierte Hardware für das Ladesteuergerät mit Kommunikationsschnittstellen	73

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	4/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------------

Abbildung 43: Übersicht über das Szenario.....	74
Abbildung 44: User Interface der Lastflusssimulation.....	74
Abbildung 45: Start des Elektrofahrzeugs am Parkplatz Prenzlauer Promenade.....	75
Abbildung 46: Elektrofahrzeug während der Fahrt auf der CieMP-Route.....	75
Abbildung 47: Elektrofahrzeug auf der neu berechneten Route zur S-Bahnstation Kanzowstraße.....	76
Abbildung 48: Modul-Diagramm der Mobilitäts-Plattform CieMP.....	76
Abbildung 49: Nutzer Mobilitätsprofile (Admin Sicht).....	77
Abbildung 50: Muster App für den Endanwender (Startbildschirm und Routenplanung).....	77
Abbildung 51: Admin-Sicht vom CieMP Web GUI mit Live-Anzeige von Nutzer-Position und Status.....	78
Abbildung 52: CieMP Server Sicht mit Darstellung integrierter Mobilitäts-Dienste.....	79
Abbildung 53: Modulstruktur.....	80
Abbildung 54: Laborgebiet (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt).....	88
Abbildung 55: Pfad der mit Zufallsgenerator erstellten Fahrprofile.....	90
Abbildung 56: Pfad zur Berechnung der Nutzung von Fahrzeugen durch mehrere Personen.....	90
Abbildung 57 Anwesenheitsprofil eines Fahrzeugs mit Ladezeitpunkten für die Woche 1.-7. Oktober 2012..	91
Abbildung 58: Ökologisch optimiertes Ladeprofil eines Fahrzeugs in 2012.....	92
Abbildung 59: Ökologisch optimiertes Laden und Entladen eines Fahrzeugs im V2G-Verfahren in 2012.....	92
Abbildung 60: Ökologisch optimiertes Laden und Entladen im V2G-Verfahren in 2030.....	93
Abbildung 61: Fahrzeugvergleich 2012.....	94
Abbildung 62: Fahrzeugvergleich 2030.....	94
Abbildung 63: Ökologische Auswirkungen im Laborgebiet.....	95
Abbildung 64: Fahrstromzusammensetzung nach Ladestrategie 2012 links und 2030 rechts.....	96
Abbildung 65: Durchschnittlicher Börseneinkaufspreis nach ökologisch optimierter Ladestrategie unter Berücksichtigung der Lade- und Entladeverluste in 2012.....	96
Abbildung 66: Durchschnittlicher Börseneinkaufspreis nach ökonomisch optimierter Ladestrategie unter Berücksichtigung der Lade- und Entladeverluste in 2012.....	97
Abbildung 67: Durchschnittlicher Endkundenpreis nach ökonomisch optimierter Ladestrategie unter Berücksichtigung der Lade- und Entladeverluste in 2012.....	97
Abbildung 68: Durchschnittliche THG Emissionen pro kWh nach ökologisch optimierter Ladestrategie unter Berücksichtigung der Lade- und Entladeverluste in 2012.....	98
Abbildung 69: Durchschnittliche THG Emissionen pro kWh nach ökonomisch optimierter Ladestrategie unter Berücksichtigung der Lade- und Entladeverluste in 2012.....	98
Abbildung 70: Vorschläge von EURELECTRIC für Marktmod. zum Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur...	102
Abbildung 71: Informationsflüsse, Abrechnungsinformation und Zahlungsströme.....	110
Abbildung 72: Reduktion der lokalen CO2-Emissionen.....	113
Abbildung 73: Modell-Architektur in der Übersicht.....	115
Abbildung 74 Workflow für Szenarienauswertungen.....	118
Abbildung 75: Ergebnisdarstellungen zur Park- und Ladeinfrastruktur-Auswertung.....	119

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Plan- und Ist-Termine.....	27
---------------------------------------	----

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	5/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-----------

Tabelle 2: Kostenschätzung Ladeinseln (modellhaft / exemplarisch).....	40
Tabelle 3: Beginn und Ende von Hochpreisphasen.....	65
Tabelle 4: Geplante Ankunft und Abfahrt der Elektrofahrzeuge sowie der erwartete State of Charge	65
Tabelle 5: Ladevarianten und Investitionskosten	100
Tabelle 6: Ergebnisauszug Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	104
Tabelle 7: Kosten und Förderanteile.....	119
Tabelle 8: Abschätzung der Kosten in ct/kWh für die Rückspeisung	129
Tabelle 9: Abschätzung der Erlösmöglichkeiten für negative Minutenreserve 24 h.....	129
Tabelle 10: Abschätzung der Erlösmöglichkeiten für negative Minutenreserve 0 bis 4 Uhr	130
Tabelle 11: Übersicht der verschiedenen Formen des privaten Autoteilens.....	131
Tabelle 12: Verkehrsmittelsteckbrief aus Nutzersicht.....	132
Tabelle 13: Motive der Verkehrsmittelwahl (nach Schlag und Schade 2007).....	136

1 Einführung

Mit dem vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMBU) geförderten Projekt City2.e sollen Elektromobilitätskonzepte für Laternenparker unter Berücksichtigung innerstädtischer Rahmenbedingungen erarbeitet werden. Heutige Ladeinfrastrukturlösungen (Ladesäulen, Wallboxen) sind zumeist für die heimische Garage oder Lademöglichkeiten im halböffentlichen Raum (z. B. Arbeitsplatz, Parkhäuser) konzipiert und eignen sich aufgrund hoher Kosten und Installationsaufwendungen nicht für einen flächendeckenden Einsatz für Bewohner von Innenstädten (Laternenparker). Ebenso existieren noch keine integrierten Mobilitätslösungen, die alle Aspekte, von Infrastruktur und Parkraumbetrieb, Mobilitätsverhalten, über das Verkehrs- und Energiemanagement bis hin zur Abrechnung miteinander auf einer Plattform verknüpfen.

1.1 Motivation des Vorhabens

Elektromobilität ist eine Schlüsseltechnologie für eine klimafreundliche Umgestaltung der Mobilität vor allem in Städten. Die klimapolitischen Ziele der Bundesregierung (Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2020 um 40% und bis 2050 um 80% gegenüber 1990) können nur erreicht werden, wenn neben der Dekarbonisierung des Stromsektors (beschleunigter Ausbau erneuerbarer Energien) im Verkehrsbereich effizientere Antriebe sowie emissionsfreie Kraftstoffe zum Einsatz kommen. Der Verkehrssektor ist mit rund 20% der zweitgrößte Emittent von CO₂ in Deutschland. Verwirklicht sich das Ziel der Bundesregierung, so werden bis zum Jahr 2020 bereits eine Million am Stromnetz aufladbare Elektrofahrzeuge und so genannte Plugin-Hybrid-Fahrzeuge auf deutschen Straßen fahren und sechs Millionen bis 2030. Somit könnten Elektrofahrzeuge im Stadtverkehr bald zum Alltag gehören und in der künftigen Mobilität eine zentrale Rolle einnehmen. Elektromobilität bietet ein hohes verkehrliches, betriebliches sowie energie- und umweltseitiges Nutzenpotenzial:

- Verringerung der direkten Emissionen der Fahrzeuge (z.B. Schadstoffe, Feinstaub, Lärm)
- Verringerung von CO₂-Emissionen im Verkehrssektor durch die Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen
- Sicherung der Energieversorgung (Diversifizierung der Energieträger) und geringere Abhängigkeit von Ölimporten
- Batteriefahrzeuge können durch intelligente Einbindung der Traktionsbatterie langfristig zur Verbesserung der Effizienz der Netze beitragen, somit u.a. den Netzausbaubedarf reduzieren und den Ausbau der erneuerbaren Energien fördern
- Eine intelligente Einbindung des Fahrzeugs in Netz und Verkehrssysteme ermöglicht neue Nutzungsvarianten und Geschäftsmodelle, die den obigen Besonderheiten Rechnung tragen und bieten damit auch die Chance, das Verkehrssystem zu einem modernen leistungsfähigen intermodalen Mobilitätsangebot zu erweitern.

1.2 Ziele des Projektes

Hauptziel des Verbundprojektes City2.e ist die Entwicklung von Elektromobilitätskonzepten für innerstädtische Pkw-Besitzer (Laternenparker). Dabei stehen neue Lösungen für die öffentliche und halböffentliche Ladeinfrastruktur und deren bevorzugte Nutzung durch die Laternenparker im Vordergrund. Für Laternenparker, deren Mobilitätsverhalten eine Substitution des besitzgebundenen motorisierten Individualverkehrs zulässt, sollen die Potenziale multimodaler Mobilitätslösungen untersucht werden.

Eine Mobilitätsplattform soll für den Nutzer einheitliche Buchungs-, Abrechnungs- und Informationsfunktionen bieten. Durch die Verknüpfung mit Energiemanagementsystemen sollen Beiträge für die intelligente Netzintegration erneuerbarer Energien geleistet werden. Schwerpunkte der Arbeiten im Projekt sind zum einen die Entwicklung geeigneter Ladepunkte und Lastmanagementlösungen.

Die nachfolgend dargestellte Zielfunktion veranschaulicht die im Projekt betrachteten Domänen „Elektromobilität“, „Parken“ und „Verkehrskoordination“, die in Konzepte für eine zukünftige Stadtraumgestaltung münden:

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	7/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-----------

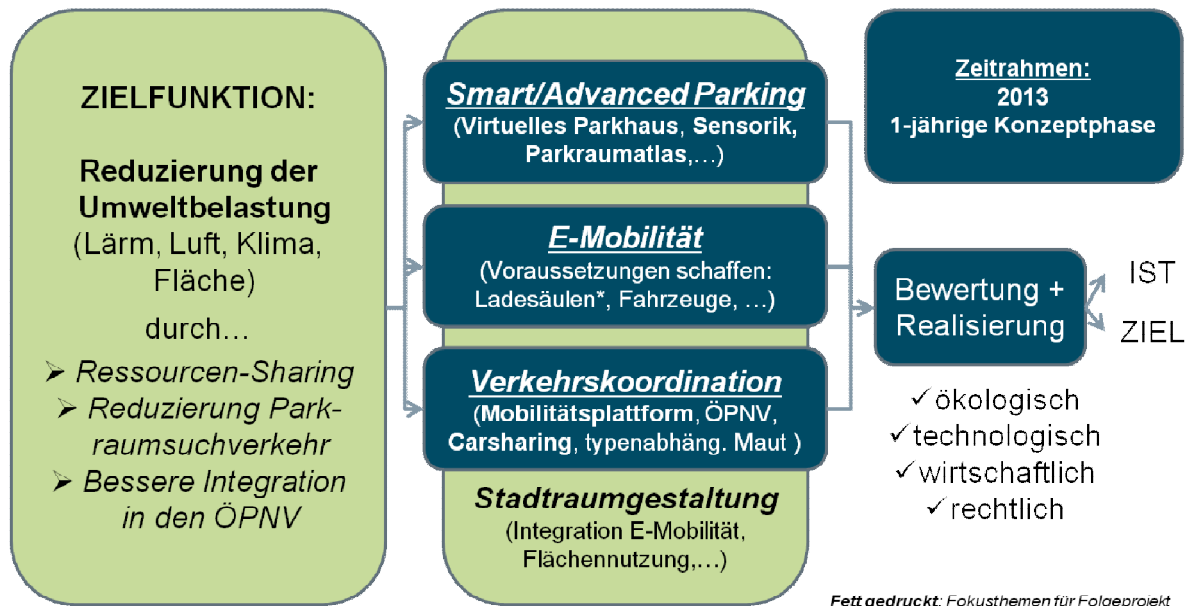


Abbildung 1: Zielfunktion

Als Zielgebiet für City2.e (Konzeptphase) wurde der Bezirk Prenzlauer Berg in Berlin ausgewählt, da hier die von den Projektpartnern definierten Kriterien am besten erfüllt wurden (u.a. Lage und Länge des Straßenzuges / Quartiers, Anteil des Durchgangsverkehres gering, Verkehrsdatenerfassung vorhanden, gute ÖPNV-Anbindung, repräsentative Übertragbarkeit, Parkraumbewirtschaftung und Laternenparker vorhanden).

1.3 Die Projektpartner

Das Projekt City2.e wird als Verbundprojekt der drei Projektpartner Siemens AG, Technische Universität Berlin (Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung) und dem Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM) der Universität Greifswald durchgeführt. Der Technologiekonzern Siemens übernimmt dabei die Gesamtprojektkoordination und ist unter anderem verantwortlich für:

- Systemarchitektur und Serviceplattform (Einbindung der V2G-Services und ÖPNV)
- V2G Ladepunkte und Autos: Entwicklung bidirektionaler Ladepunkte mit Anbindung an 800V Fahrzeuge und Smart Grid Demonstrator)
- Mobility Services (Konzeptionierung und Entwicklung von Prototypen bzw. Mockups für ausgewählte Services und einer Nutzer-App)
- Städtebauliche Integration (mittels eines Stadtplanungsbüros)
- Ökobilanzbetrachtung
- Modellierung und Visualisierung

Für die wissenschaftlichen Forschungsarbeiten steht mit dem Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung der TU Berlin ein Kompetenzzentrum für verkehrswissenschaftliche Forschungen zur Verfügung. Hier wird untersucht, wie Menschen ihren Pkw und andere Verkehrsmittel heute nutzen und welche Erfahrungen das Nutzungsverhalten prägen. Dazu werden insbesondere qualitative Interviews mit „Laternenparkern“ und „Multimodalen“ ohne eigenen Pkw in einem ausgewählten Berliner Bezirk durchgeführt.

Das Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität steuert seine Expertise in den Bereichen Recht und Ökonomie bei. Hier werden insbesondere folgende Fragestellungen untersucht:

- Rechtliche Rahmenbedingungen (Empfehlungen für die Umsetzung und Aufzeigen von rechtlichem Änderungsbedarf sowie Unterbreitung von entsprechenden Änderungsvorschlägen)
- Geschäfts- und Finanzierungsmodelle (Bewertung von Geschäftsmodellen für Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur im (halb-)öffentlichen Raum für „Laternenparker“)

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	8/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-----------

1.4 Einordnung des Vorhabens in den förderpolitischen Rahmen

Die vorliegende Skizze einer Studie für das Projekt City2.e bezieht sich auf die Förderbekanntmachung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) vom 19. August 2011. Demnach werden Forschungsvorhaben zum Thema Elektromobilität gefördert, um einen verstärkten Einsatz elektrischer Fahrzeugantriebe im Straßenverkehr zu erreichen.

Die beabsichtigte Entwicklung eines integrierten und nachhaltigen Mobilitätskonzepts ist zentraler Gegenstand von City2.e. Mit dieser thematischen Ausrichtung zielen wir auf das Problem, dass die Einbindung der Elektromobilität in integrierte Verkehrskonzepte eine Voraussetzung für ihren zukünftigen Erfolg darstellt. Denn nur so können ihre besonderen Merkmale bei der Formulierung von Anwendungen optimal berücksichtigt werden.

Darüber hinaus erfüllt unser Ansatz durch den umfassenden Systemgedanken zahlreiche fachspezifische und übergeordnete Förderziele. So werden insbesondere die Probleme der hohen Verkehrs- und Umweltbelastung angegangen.

Neben dem Förderprogramm des BMU ordnet sich City2.e auch in folgende Rahmenforschungsprogramme und Leitlinien ein:

- Mobilität und Verkehrstechnologien - 3. Verkehrsforschungsprogramm der Bundesregierung ¹
- Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung
- Regierungsprogramm Elektromobilität ²
- Mobilität und Verkehr - Nachhaltigkeit, Sicherheit und Wettbewerbsfähigkeit durch intelligenten Verkehr ³

2 Executive Summary

2.1 Abstract / Summary of Work-Package 2 (TU Berlin)

User and acceptance analysis within the cooperation project “Concept of electric mobility for lantern-parking in urban area”.

Current state of research

In the current context of urban sprawl, transportation infrastructures for people need to cover greater distances. At the same time the number of households with private cars is increasing. This leads to negative implications such as rising of noise and air pollutant emissions, higher space requirements in public areas for individual motorized transportation and increasing the number of conflicts between non-motorized and motorized transportation users. Therefore, recent transportation policies more and more focus on the reduction of individual motorized transportation in urban area. These so called “travel demand management” (Bamberg et al., 2011) measures can be incentive based (pull measures) or restrictive (pull measures). Current studies, covering young adults between 18 and 24 years, show that within this group car ownership and frequency of daily use decrease. At the same time the use of public transportation, carsharing und bikesharing increases. Due to this development, some mobility service providers offer combined services and enable the use information and communication technologies. MID 2008, a German study of mobility showed that multimodality increases: There are more and more multimodal people without private cars, using at least two different modes of transport within a week. In order to support this shift towards mobility behavior without owning a car, it is necessary to develop new and alternative multimodal transportation service offers. It is, therefore, relevant to consider mobility patterns regarding the current use of transport modes and to create offers which respond to the needs of the users.

Objectives of the research

The work package „User and Acceptance Analysis“ aims to investigate the mobility behavior of the so called “Laternenparker” - owners of a car who do not have access to a parking position or garage and, therefore, have to park their cars next to street lamps. Attitudes, motivation and mobility organization using different modes of transport have to be considered. The objective of this study is to identify different strategies of this

¹ Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie [Hrsg.]: Mobilität und Verkehrstechnologien - Das 3. Verkehrsforschungsprogramm der Bundesregierung. Berlin, 2008

² Die Bundesregierung: Regierungsprogramm Elektromobilität der Bundesregierung. Hrsg.: BMWI, BMVBS, BMU, BMBF. Berlin, 2011

³ Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie [Hrsg.]: Mobilität und Verkehr - Nachhaltigkeit, Sicherheit und Wettbewerbsfähigkeit durch intelligenten Verkehr. Berlin, 2007

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	g/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-----------

group, concerning their organization of daily mobility. The field of the research is the inner-city neighborhood of Prenzlauer Berg, Berlin.

Within the framework of this work, package there are two goals:

- Identification of attractive transportation planning concepts in order to develop action plans and incentives in order to promote mobility without owning a car.
- Identification of future requirements of an infrastructure for charging of private battery electric cars.

The research approach is to analyze motives, frameworks and potentials for the willingness to abolish one's private car within the group of the "Laternenparker". Additionally, the group of "multimodal people without cars" is analyzed to identify the possible differences regarding mobility behaviours of the two groups. Their current mobility behavior provides relevant information for designing measures and developing a framework to encourage alternative choices of transport modes.

The research question is: How do the two groups – "Laternenparker" und "multimodal people without car" - manage their everyday mobility and which strategies and conditions have the potential to promote a shift towards mobility without owning a car.

Methodology

First, literature research was conducted in order to support the development of the design for the qualitative analysis. The research was focused on the use of cars, parking issues, preferences for a charging infrastructure and multimodal mobility. As a next step, a secondary analysis of quantitative transport surveys („System repräsentativer Verkehrsverhaltensbefragungen“ (SrV 2008) and „Mobilität in Deutschland – MiD 2008“) was conducted to characterize "Laternenparker" and to generate further questions for the qualitative analysis.

Within the framework of the qualitative analysis, problem-centered, semi-structured interviews were conducted for each group - "Laternenparker" (30) and multimodal people without cars (30). Qualitative content analysis was used to examine these 60 interviews. The interview guide was developed referring to the results initial literature research. The interviews were conducted between June and August 2013 and the collected data was coded according to Hopf. A first differentiating within the group of "Laternenparker" was conducted based on the current use of transport modes as well as on the attitudes towards alternative concepts of mobility and towards willingness to give up their car or at least to reduce the use of their car in future. This supported the formulation of recommendations for specific target groups in order to strengthen the efficiency of the implementation of measures.

Results

Our results emphasize that multimodal mobility dominates in dense urban areas. This shows a potential for alternative mobility solutions without owning car. The analysis demonstrates that cars play a limited role in daily multimodal mobility. Another interesting result is the heterogeneity of "Laternenparker" regarding their use of cars. The "Laternenparker" can be differentiated according to their willingness to keep an own car and to reduce the frequency of use in favor of alternative transport modes. There are four groups:

- "Depending users" – who are ready to live without an own car, but who are under personal situation (work, family, etc.) dependent of their cars
- "Keepers" – who are ready to live without an own car, under the condition that alternative transport service offers for transporting goods within the city and for trips to the outskirts will be improved
- "Optional users" – who are not ready to live without an own car. With an improvement of alternative transport offers they would be willing to reduce their car's use.
- "Prioritizers" – who use their own cars without considering the possibility of using other transport modes. They are not ready to give up their own car.

To generate a shift towards multimodal mobility it is necessary to combine push and pull measures, which promote the development of alternative transport modes and, at the same time, make car ownership unattractive for urban dwellers. Therefore, it is highly recommended to design transport policy measures and transportation planning measures to address specific target groups. The findings of this analysis enable to identify needs of user and to formulate recommendations, such as promotion of carsharing and the implementation of a smart parking management. Electric cars can be an alternative for users who want to keep their own car. It has been proved, that a charging infrastructure, which provides a combination of services in strategic centralized site, will be more appropriate than an areawide charging infrastructure net.

Conclusion / Possibility of application

The results of the analysis emphasize that further research is necessary.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	10/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

- According to the results, it can be assumed that a part of multimodal people without an own car show a potential for being future “Laternenparker”. It is interesting to identify which measures should be implemented to ensure that this group could manage their mobility without owning car in the future.
- Mobility socialization plays a significant role in the development of mobility behavior. It is, therefore, recommended to include mobility socialization in an in-depth user analysis.
- As the results show, the motive „trip to the outskirts” is one of the most relevant reasons to own and keep a private car. It is important to expand the concept of mobility without owning a car to a regional scale.
- It is recommended to conduct an in-depth typification of the “Laternenparker” in order to develop measures for specific target subgroups and appropriate policy tools.

2.2 Abstracts of Work-Packages 1+4+5 (Siemens IC MOL)

Abstract of System Architecture

The CieMP (City2.e Mobility Platform) serves as basis for the mobility services provided to the end-user. The platform integrates information of external systems like the traffic-information system, various parking space administration systems, and the public transport systems. Additional services like car-sharing or booking systems for charging stations can be easily integrated. The project’s aim is to integrate several additional services during the second phase.

Abstract of Provision of Mobility Services

By creating a personal user-profile within the CieMP Web GUI the platform gets enabled to provide personalized services e.g. by calculating multimodal routes based on individual user preferences. The whole interaction with the end-user runs through a mobile application (CieMP App) which offers a variety of features. For example, adjusting personal settings allow the end-user to control for tracking. Additionally, usage analysis and balances like personal CO2 emissions support the end-user in making environmental conscious decisions concerning his mobility mix.

The CieMP application offers a permanent assistance service during a trip. When activated, the application permanently transmits tracking information of the end-user position to the platform throughout the trip. The end-user receives immediate information about interferences on his route which leads to delays, e.g. traffic jams. Simultaneously the platform calculates and provides alternative routes which the user is able to choose. If beneficial, this also includes multimodal routes, e.g. routing to a park&ride parking place and continuation of journey with public transport. In a second phase services could also include monitoring of the battery charging status to verify reaching the destination. This feature holds potential to improve the acceptance of e-car usage by reducing widespread worries about having a breakdown.

Abstract of Urban Development Integration

The concept of “charging islands”, which concentrate multiple charging points in a modular building structure, was developed during the concept phase. The idea behind is a modular, multi-purpose construction, which combines a charging station with multiple charging points and with other urban applications like e.g. a bicycle station, a kiosk or a public WC. One advantage is the integration of technical equipment within the roof or floor.

2.3 Abstracts of Work-Packages 3+7+9 (Siemens and IKEM / University Greifswald)

Abstract Electric Cars and Charging Stations (WP 3, Siemens Corporate Technology NTF CAR)

What’s the everyday situation like for owners of electric cars who don’t have their own garage? In work package 3 a smart combination of information and communication technologies was used to simulate how electric cars can be integrated into the electric grid while ensuring optimum mobility.

The total system considered as part of City2.e consisted of a simulation of the mobility network and the electric grid in the Prenzlauer Berg district of Berlin and simulated electric cars that were simultaneously integrated into both networks. Two real, bidirectionally chargeable electric cars were also connected to the simulated system. The mobility network comprised the intermodal mobility platform CieMP (Connected Integrated E Mob Platform) and a simulated fleet that illustrated the real traffic situation and vehicle movements. The grid was represented by the smart grid simulation of the distribution network at a street level.

A standardized user interface for the driver covering all electric car functions is provided by a mobile application, or app. This is used to register the driver on the CieMP, in which all customer, booking and route

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	11/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

data for the electric cars is stored. Real traffic situations can also be loaded onto the CieMP or generated for simulation purposes.

In the simulation, the user drives off in the morning, and the app registers with the CieMP with the planned route. If there is already a saved, regular route that requires a charging stop, the CieMP will have already reported this charging requirement to the smart grid simulation for the charging station in question. The vehicle will already have been included in the planning for that stop. If unscheduled vehicles arrive at the charging points, they will also be charged in the smart grid simulation, but possibly at a higher cost. In the fleet simulation, the car can be seen after starting on its journey through the network of roads, moving through a simulated traffic scene, and is tracked by way of illustration. A steady flow of information across the fleet simulation/CieMP interface then shows the vehicle's actual position and destination, and its state of charge (SoC) and any changes of plan brought about by interruptions to the flow of traffic.

This data is also made available to the smart grid simulation via a second interface. The smart grid here is implemented in the form of the Siemens So Easy architecture and the charging stations are incorporated using their own Personal Energy Agents (PEAs). This means that the developers were able to consider grid status at street level and connect the electric cars to a sort of virtual power station with variable output. Sample scenarios made it possible to demonstrate the benefits of this form of intermodal solution for users and for the best possible use of the grid and mobility network. The City2.e study mainly highlighted the potential of linking the mobility network and the power grid, since a uniform application makes it possible to offer services to customers from both areas.

Abstract of Modeling and Visualizing (WP 9, Siemens Corporate Technology RTC AUC and IKEM / University Greifswald)

The "city system model" is used for modelling and visualization of the urban charging infrastructure for electro mobility and its market penetration. Macroeconomic trend models for population, economic and energy price development are used for configuration and prognosis. Based on technological evolution, costs are defined in combination with user behaviour, social milieu and transportation profiles to identify the prospective electro vehicle equipment per household. With this information first estimations of reducing CO₂ emission, NO_x, PM10 or noise over time are possible.

In addition, an optimized model based design for public charging infrastructure for electro mobility within inner cities can be examined in forecast scenarios. These regard the potential positioning of charging stations and their capacity utilization in relation to resource availability, technical implementation and necessary incentives. Depending on the relative number of electric cars in a city or city district, the charging station infrastructure can be installed virtually which in turn helps to manage and optimize the usage public or semi public parking space. Furthermore the charging energy consumption and area coverage with public charging infrastructure can be evaluated.

Configured scenario results are displayed on a city map (GIS) based on open data (OSM), statistics and technical definitions and are processed by analytic models.

Highlights of this application are the free positioning of charging stations in a city map, the automated and area wide evaluation of public parking space capacity utilization, of loading volume and number of charging events over time with an accuracy of 80-90% and the employment of this generic model for any other city or city district. Benefits are the assessment of alternative results for strategic decision support, the evaluation of business impact and incentive systems and the analysis of area usage and area coverage of public charging infrastructure in city planning and development.

Abstract of Ecobalance (WP7, Siemens Corporate Technology RTC SYE)

The ecological performance of electric cars is most significantly depending on local conditions during the vehicle's use phase. In order to make e-cars an ecological success story, the local condition depending ecologic performance has to be taken into consideration when planning charging infrastructure.

This study analyzes this performance based on Life Cycle Assessments (LCAs) for year 2030. It determines globally relevant greenhouse gas emissions (GHG) and locally relevant air pollutants such as particulate matter (PM10) and nitrogen oxides (NO_x). It addresses the specific target group of street parkers in Prenzlauer Berg, a comparably young population with modern multimodal mobility habits. The charging options conventional, smart (load shifting), and bidirectional, used in ecologic or economic optimization mode (charging management) are analyzed. It identifies the ecologically most advantageous charging infrastructure.

The results show that e-cars will have a small contribution in reducing emissions due to their low market share, predicted at 5%. The e-cars' relative ecological performance is already slightly better than that of conventional combustion cars under current local conditions (2012 data). This relative performance difference will spread significantly more with time. For GHG-emissions over the complete life cycle, a

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	12/ 136
---	---------------------------------------	------------------------------------	------------

reduction of 30-40% can be expected in 2030, depending on the charging infrastructure and charging management. The higher share of renewable energy in the German electricity grid mix in 2030 has the highest contribution to this improvement. Smart charging with ecologically optimized charging management can contribute approximately 7% to this. Smart charging with economically optimized charging management still results in a significant GHG-emission reduction. Ecologically optimized bidirectional charging can approximately add another 3% GHG reduction. But unregulated, bidirectional charging in economically optimized charging mode can cause significantly higher GHG emissions.

To conclude: For Prenzlauer Berg, at local user profiles, electric cars will have significantly better emission performance in their life cycle than conventional cars. Load shifting with smart charging can significantly contribute to this, as can bidirectional charging. But bidirectional charging management has to be strongly regulated to result in positive environmental impacts.

2.4 Abstract of Work-Packages 6+8 (IKEM)

The technical research work as the core of the project was complemented with an evaluation of the relevant economic and legal framework requirements. The work packages 6 and 8 were each composed of five sub-packages:

- general overview and assumptions,
- deployment and operation of public charging stations,
- public parking management,
- business models for the grid integration of electric vehicles and multimodal mobility platform.

The jurisprudential assessment found numerous requirements and legal parameters that could impede the successful implementation of electric mobility concepts, particularly with regard to the installation and operation of charging stations. A need for regulatory changes and legal clarification was identified, especially in the field of building law and road traffic legislation. In this context, municipalities were identified as important actors, which additionally have essential access to local knowledge and interests. Additionally, major legal insecurities by the law on the energy sector (EnWG) have to be addressed.

The economic assessment of different market models and business cases concluded that the necessary charging stations cannot be feasibly operated under current conditions, which is especially due to inefficient parking behaviour. In combination with the findings that the search for parking space strongly contributes to local traffic, the combination of the operation of charging stations with urban parking management was identified as a fruitful perspective, as it could play a key role in the further development of electric mobility and in the dissolution of parking issues for municipalities and vehicle users.

The assessment of the relevant legal and economic framework requirements concerning the installation and operation of charging stations, the grid integration of electric vehicles and the integration of multimodal solutions form the groundwork for the following project, which concentrates on possible smart parking solutions in combination with the electrification of individual traffic.

3 Voraussetzungen und Struktur des Projektes

Essentiell für die erfolgreiche Projektdurchführung waren regelmäßig durchgeführte Besprechungen mit den Projektpartnern, die in der Regel alle 2 Monate durchgeführt worden sind. Zudem wurden vierteljährliche Besprechungen mit dem Projektträger VDI/VDE Innovation + Technik GmbH und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit durchgeführt.

3.1 Organisatorische Voraussetzungen des Vorhabens

Strukturiert und durchgeführt wurde das Vorhaben konsortial. Das Konsortium wurde durch Siemens geleitet und der rechtliche Rahmen wurde durch einen Kooperationsvertrag zwischen allen Partnern geregelt.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	13/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

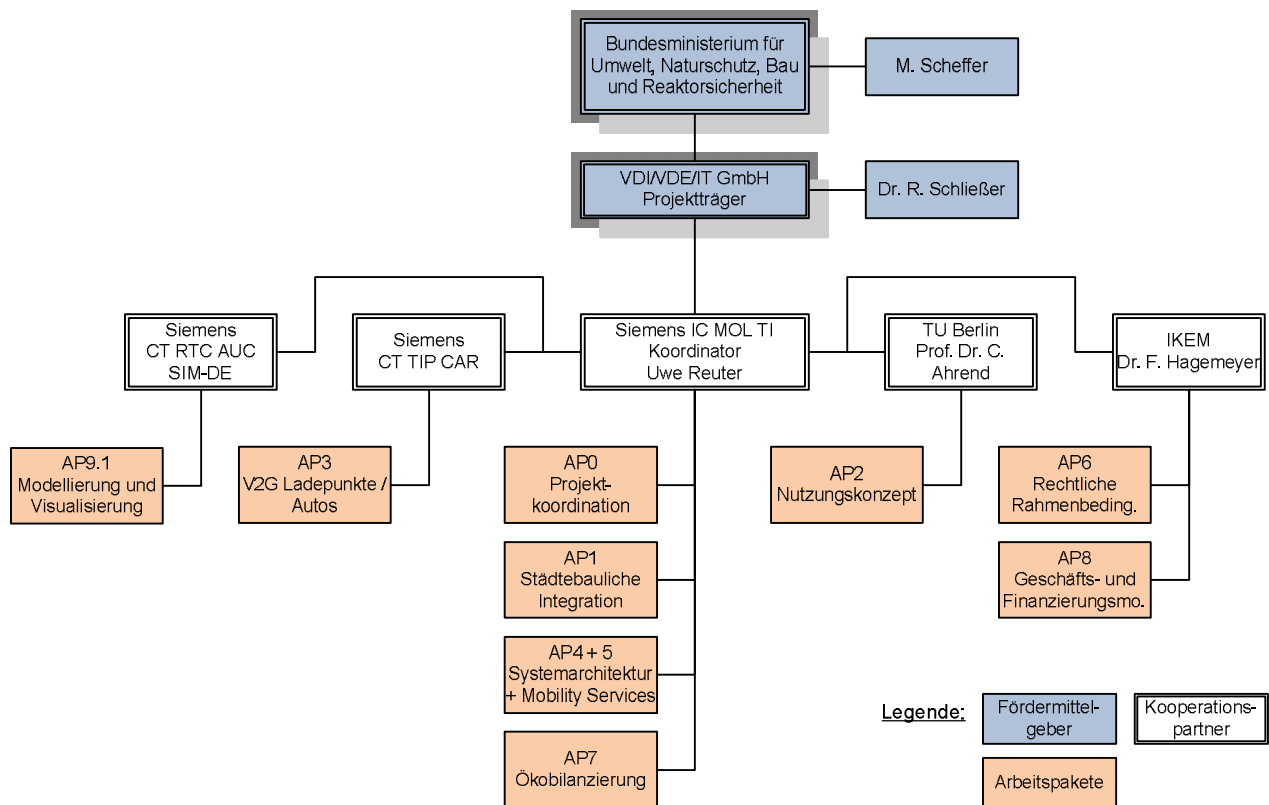


Abbildung 2: Organisationschart des Verbundprojektes

3.2 Stand von Wissenschaft und Technik zu Projektbeginn

3.2.1 Stand der Technik im Bereich Ladeinfrastruktur

Aufbauend auf den Erkenntnissen abgeschlossener oder laufender Forschungsvorhaben bestehen fünf realistische technische Möglichkeiten zur Anbindung der Traktionsbatterien an die elektrischen Energieversorgungssysteme.

1. Batteriewechsel entladener gegen stationär vorab geladene Akkumulatoren.
2. Elektrolytwechsel auf Basis von Redox-Flow-Batteriesystemen,
3. Kabelgebundenes Laden am Wechselstromnetz (AC-Laden),
4. Kabelgebundenes Laden an einer DC-Quelle,
5. induktives Laden mittels einer elektromagnetischen Übertragungsstrecke.

Konduktives Wechselstromladen ist derzeit die am häufigsten verwendete Technik bei den bislang schwerpunktmäßig im Rahmen von Förderprojekten installierten (halb)öffentlichen Ladepunkten. Dies hat vorrangig zwei Gründe, 1.ist die Technik bereits weitestgehend serienreif und wird von verschiedenen Anbietern angeboten, 2.sind daran anschließend die Kosten, insbesondere im häuslichen Umfeld, deutlich günstiger, als bei den Alternativen.⁴ Für den hier vorliegenden Untersuchungsbereich der „Laternenparker“ wird die Betrachtung eingegrenzt auf die mittelfristig erfolgversprechendsten Varianten: kabelgebundene AC-Ladung, kabelgebundene DC-Ladung und induktives Laden.⁵

Konduktives Wechselstromladen

⁴ Vgl. Mauch, Wolfgang et al: Modellregion Elektromobilität München. Szenarien für das Potenzial an Elektrofahrzeugen im Münchner Individualverkehr bis 2030,München 2010, S.59.

⁵ Redox-Flow-Batterien mit der Möglichkeit des Elektrolytwechsels an „Tankstellen“ sind derzeit noch in einem frühen Forschungsstadium und bislang (noch) nicht für den Praxiseinsatz in großem Maßstab geeignet. Batteriewechselstationen werden zwar international teilweise forciert, z.B. von Better Place, u.a. in Frankreich, Israel und Dänemark, sind jedoch im deutschen Kontext aufgrund der nicht vorhandenen Standardisierungsvoraussetzungen hinsichtlich des Unterbodens der Fahrzeuge nach derzeitigem Stand nicht zukunftsfähig.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	14/136
--	---------------------------------------	------------------------------------	---------------



Wechselstromladen liegt in einem Leistungsbereich von bis zu 44 kW, bei 400 Volt. Die nationale Plattform Elektromobilität rechnet damit, dass Ladevorgänge unter 30 Minuten bis 2015 im Alltagsbetrieb erreichbar sind.⁶

Abgesehen von den Ladeleistungsrückschaltungen, die durch das Temperaturmanagement bedingt sind und einer kurzen Pause bei 80% SOC werden Ladungen in der Regel mit dem klassischen IUa-Verfahren durchgeführt.⁷ Dadurch ist bei niedrigeren Strömen im Gegensatz zum DC-Schnellladen auch die Vollladung auf 100 % SOC sinnvoll.

Bidirektionale Stromflüsse (und ihre Voraussetzungen im Fahrzeug und in der Infrastruktur) im konduktiven AC-Modus sind bereits in einer Reihe von Forschungsprojekten realisiert worden.⁸

Ein Vorteil konduktiver Wechselstromladesysteme ist dadurch bedingt, dass wesentliche Standards und Normen bereits geschaffen wurden– so sind die generellen Anforderungen beispielsweise in IEC 61851-1 beschrieben. Dennoch gibt es noch offene Fragen, was den geeigneten technischen Entwicklungspfad angeht. Beispielsweise wird derzeit das Kabel im Fahrzeug mitgeführt und muss manuell vom Fahrer eingesteckt werden. Die damit verbundenen Komforteinbußen werfen Fragen nach automatisierten Alternativen auf. Volck hat hierzu das Konzept des automatischen Elektroanschlusses zum Patent angemeldet. Das Konzept wurde allerdings aufgrund der Tatsache, dass die sichere Funktion bei Abrieb, Verschmutzung oder Vereisung nicht geklärt ist, bislang weder von der standardsetzenden Großindustrie, noch von der Wissenschaft aufgegriffen und entwickelt.

Im üblichen „Lastenheft“ für öffentliche Ladeinfrastruktur stehen eine Vielzahl von Anforderungen, insbesondere Sicherheitsfunktionen⁹, Messfunktionen¹⁰ und Kommunikationsfunktionen¹¹. Die konkrete Erfüllung dieser Anforderungen hat banalerweise Auswirkungen auf die Kosten. Aufgrund des Zielkonflikts von Funktionalität und Kosten ist momentan noch nicht endgültig geklärt, welche „Intelligenz“ tatsächlich in den verschiedenen Ladestellen stecken muss. Ubitricity hat hierzu einen konzeptionellen Gegenvorschlag gemacht, der die Nutzung günstiger Systemsteckdosen im öffentlichen Raum mit Zählertechnik im Kabel bzw. Fahrzeug verbindet („Mobile Metering“).

Daneben ist klarzustellen, dass die Gesamtkosten sich nicht nur durch technische Modifikationen¹², sondern auch aufgrund des Aufstellungsorts der Ladestelle stark unterscheiden können. Private Wallboxes sind bereits für ca. 500 Euro einsetzbar, wohingegen bei öffentlicher Ladeinfrastruktur Kosten von bis zu 10000 Euro entstehen können (wenn Installationskosten, Genehmigungsverfahren, Netzanschlussgebühren, Sicherheitstechnik in der Ladestation etc. berücksichtigt werden). Der Aufstellungsort prägt neben den „Vandalismuskosten“ insbesondere die Kosten für die Netzanbindung (so ist z.B. die Kabelverlegung im Parkhaus günstiger als eine Öffnung der Straßendecke im öffentlichen Raum). Aber auch bei Firmenparkplätzen bzw. Parkplätzen im halböffentlichen Raum ist zu differenzieren. Da Firmenparkplätze privater Raum sind, ist grundsätzlich von geringeren Vandalismusgefahren auszugehen, als bei öffentlichen Ladestationen. Jedoch ist Firmenparkplatz nicht gleich Firmenparkplatz, sondern es bestehen erhebliche Unterschiede, was die energie- und sicherheitstechnischen Voraussetzungen angeht (das Spektrum reicht von der grünen Wiese ohne Beleuchtung und Stromanschluss bis zum kameraüberwachten High-Tech-Parkgelände).

DC-Schnellladestationen

Eine Verkürzung der Ladedauer in Richtung des Zeitbedarfs für die konventionelle Betankung ist mit hohen Ladeleistungen an Gleichstromladestellen möglich. Die NPE hält mittelfristig Ladeleistungen bis oder über 100 kW für denkbar, die Batterien wären in diesem Fall in ca. 8-12 Minuten auf 80 % SOC geladen.^{13 14}

⁶ Vgl. Nationale Plattform Elektromobilität, Zwischenbericht der AG Drei, S.19.

⁷ Vgl. Schuster Andreas, Leitinger, Christoph; Brauner, Andreas: Begleitforschung der TU Wien in VLotte, Wien 2011, S.12, mit Bezug auf: Jossen; Weydanz : Moderne Akkumulatoren richtig einsetzen, Neusäß 2006.

⁸ Beispielfhaft: EDISON, Gridsurfer, Grid4Vehicles, HarzEE Mobil, MeRegio Mobil.

⁹ Sicherheitsfunktionen (kontinuierliche Überprüfung der Schutzleiterkontaktierung, Leitungsschutz, Fehlerstromschutz, Vermeidung von Batteriegasung in geschlossenen Räumen ohne Belüftung, Stromloses Ein- und Ausstecken des Ladekabels), vgl. IEC 61851-1.

¹⁰ Messfunktionen: Lösungen auf Basis von Smart Grid Technologien, zeitgenaue Erfassung der übertragenen Leistung, Kundenkennung durch Übermittlung und Empfang einer Kunden-ID, Übermittlung, Empfang und Speicherung des Abrechnungstelegramms mit Zeitstempel, Energiemenge, Zähler und Kunden-ID, eichrechtlich sichere Zuordnung und Anzeigen der bezogenen Energie für den Kunden), vgl. IEC 61851-1.

¹¹ Kommunikationsfunktionen: Die Norm IEC 61851-1 ermöglicht verschiedenen aufwändige Abläufe der Kommunikation. Zu den üblichen Funktionen zählen die die Erkennung des Ladekabels und der Batterieeigenschaften, die Erkennung der ordnungsgemäßen Verriegelung des Steckers in der Buchse und die Kommunikation der zur Verfügung stehenden Ladeleistung per PWM-Signal bzw. die Übermittlung des Initiierungssignals für die IP-Kommunikation, vgl. IEC 61851-1.

¹² Sind kürzere Ladezeiten gewünscht, sind hierfür höhere Leistungen erforderlich, auch die Technik für gesteuertes Laden erhöht die Kosten, ebenso Sicherheits- und Kommunikationsfunktionen.

¹³ State of Charge (SOC) = Ladezustand

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	15/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Ladevorgänge mit Gleichstrom bedeuten außerdem, dass der Gleichrichter nicht mehr im Fahrzeug, sondern in der Ladesäule installiert ist. Dadurch werden die Fahrzeuge leichter. DC-Ladestationen werden derzeit vor allem in Japan genutzt, stellen jedoch auch für Deutschland eine realistische Option dar, insbesondere für einen punktuellen Einsatz dar. Die Gleichstrom-Infrastruktur erfordert zwar deutlich höhere Investitionen, erlaubt aber auch einen höheren „Durchsatz“, als das heute übliche Laden mit 3,7 kW Wechselstrom.

Auch hinsichtlich der Standards ist die Entwicklung bereits vorangekommen. Für DC-Schnellladesysteme wurde im Projekt Drive-eCharged von Siemens und BMW ein sogenannter Combo2-Stecker entwickelt und erprobt, der sowohl für Wechselstrom als auch für Gleichstromladung geeignet ist, und auch für beide Ladearten nur eine Buchse und ein Kabel nötig macht.¹⁵

Dennoch gibt es momentan noch technische Schwierigkeiten bei der Etablierung von DC-Schnellladestationen. Problematisch ist dabei vor allem die heutige Batterietechnologie, da sich bei hohen Ladestromstärken die Batteriedegradation erhöht. Daher muss die Ladestromstärke bei steigendem Energieinhalt der Batterie gesenkt werden. Auf absehbare Zeit ist aus diesem Grund nur die Möglichkeit eines schnellen Zwischenladens auf 80 % der Batteriekapazität umsetzbar.¹⁶

Doch selbst wenn DC-Schnellladen auf 30-80 % SOC begrenzt wird, erhöht sich bereits die Batteriedegradation gegenüber dem „langsamen Laden“. Sollen Schnellladestationen zukünftig mit Leistungen im Bereich von 200 kW arbeiten, wird es nötig sein auch die Batteriesystemauslegung der dazu tauglichen Elektrofahrzeuge anzupassen, beispielsweise muss aufwändig gekühlt werden, was dann den Wirkungsgrad negativ beeinflusst.¹⁷ Ein weiteres Problem von DC-Schnellladestationen sind die Netzvoraussetzungen und Netzbelastungen. Mit der derzeitigen Netz- und Leitungskapazität sind Gleichstromladestationen mit hohen Ladestromstärken kaum zu realisieren. Sie wären außerdem ans Mittelspannungsnetz anzuschließen und hätten bei simultaner Nutzung Auswirkungen auf die Spannungshaltung und die Auslastung des MS-Netzes.¹⁸

Induktives Laden

Eine fundamentale Alternative zum kabelgebundenen Laden ist die Induktion. Technisch möglich wäre grundsätzlich auch mobile (dynamische) Induktion. Diese Variante wird bei Transportsystemen im industriellen Einsatz genutzt und aktuell für schienengebundene Fahrzeuge erprobt.¹⁹ Allerdings wären für ein flächendeckendes System massive Investitionen in die Nachrüstung bestehender Straßen mit Sendespulen erforderlich.²⁰

Induktive Ladetechnik wird daher in Bezug auf die Elektromobilität nur als stationäre Variante realistisch. In den letzten zwei Jahren wurde sie in einer Vielzahl von Forschungsprojekten erprobt und weiterentwickelt (u.a. JustPark, Conductix, Indion, W-Charge, die alle im Rahmen der Kopa II-Forschungsförderung gefördert wurden).

Als Quintessenz der Projekte lässt sich folgendes festhalten. Für kontaktlose Netzkopplung spricht eine Reihe von Gründen, u.a.:

- Keine herumliegenden Kabel als Stolperfalle
- Vergessen des Ladevorgangs ist nicht möglich bzw. unrealistisch
- Da kein Kabel in Hand genommen und angeschlossen werden muss, ist die Kundenakzeptanz höher und damit verbunden auch eine größere Bereitschaft, „am Netz“ zu sein²¹
- Weniger Vandalismusgefahr
- Ästhetische Vorteile im öffentlichen Raum
- Keine Behinderung auf Gehwegen (z.B. für Rollstuhlfahrer)

Demgegenüber stehen einige Probleme bzw. „Forschungsherausforderungen“:

¹⁴ Vgl. Nationale Plattform Elektromobilität. Zwischenbericht der Arbeitsgruppe Drei, Berlin 2010, S.13.

¹⁵ Die meisten momentan eingesetzten DC-Schnellladestationen – insbesondere in Japan - basieren jedoch auf dem CHAdeMO-Standard und liegen in einem Leistungsbereich um 50 kW.

¹⁶ Vgl. Nationale Plattform Elektromobilität. Zwischenbericht der Arbeitsgruppe Drei, Berlin 2010, S.12.

¹⁷ Vgl. Lunz, Benedikt; Prof. Dr. ir. De Donecker, Rik W. & Prof. Dr. Uwe Sauer (2010). Analyse von Ladeinfrastrukturkonzepten für Elektromobilität. Beitrag auf dem VDE-Kongress 2010 in Leipzig; zitiert in: Vattenfall, Gesteuertes Laden V2.0, S.1

¹⁸ Vgl. Westenburg, M: Gridsurfer, Öffentlicher Abschlussbericht, 2011, S.113.

¹⁹ Vgl. Nationale Plattform Elektromobilität. Zwischenbericht der Arbeitsgruppe Drei, Berlin 2010, S.12.

²⁰ Vgl. Mauch, Wolfgang et al.: Modellregion München Szenarien für das Potenzial an Elektrofahrzeugen im Münchner Individualverkehr bis 2030, München 2010, S.59.

²¹ Vgl. Barth, Heike u. Braun, Martin u.a., IWES - Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystem-technik u.a., Gemeinsamer Abschlussbericht, Kontaktloses Laden von Elektrofahrzeugen W-Charge, Kassel, , 2011, S. 49

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	16/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Induktives Laden ist aus sicherheitstechnischen Gründen derzeit an eine niedrige Ladeleistung gebunden, die der niedrigsten über Kabel (1phasig, kabelgebunden) entspricht. Technisch ist jedoch grundsätzlich eine höhere Übertragungsleistung realisierbar. Derzeit werden im Rahmen eines Forschungsvorhabens von Fraunhofer IAO (bidirektionale) induktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge mit 22 kW entwickelt und getestet.

Aufgrund der geringen Positionierungstoleranzen von ca. 5-10 cm ist ein Einpark- bzw. Positionierungsassistenten nötig, was wiederum die Fahrzeugkosten erhöht. Ein weiteres Problem ist der schlechtere Wirkungsgrad induktiver Systeme. Derzeit liegen die Verluste ca. 10 % höher als bei kabelgebundenen Ladesystemen, eine vollständige Angleichung der Effizienz ist auch bei Ausschöpfung aller Effizienzpotenziale nicht zu erwarten.²²

Zwar laufen gerade Standardisierungsprozesse für induktive Ladesysteme²³, bislang ist jedoch keine finale Kompatibilität der Systeme verschiedener Hersteller gegeben. Solange dieser Zustand anhält, ist mit höheren Kosten und Investitionsunsicherheiten zu rechnen.

Stand der Forschung im Bereich Messinfrastruktur und Zähler

Der Zähler zur Erfassung des Energieverbrauchs eines Elektroautos kann entweder in der Ladestelle oder im Elektrofahrzeug selbst eingebaut sein. Bislang gehen sowohl die Nationale Plattform Elektromobilität, als auch die Joint Working Group des IEC / ISO davon aus, dass der abrechnungsrelevante Energiezähler stationärer Bestandteil des Ladepunkts sein wird.²⁴ Das Berliner Startup-Unternehmen „Ubitricity“ schlägt demgegenüber einen mobilen Zähler vor, der entweder im Kabel oder im Fahrzeug angebracht ist. In einem Verbundvorhaben mit Voltaris, ITF-EDV Fröschl wurde diesbezüglich ein On-Board-Metering-System entwickelt, mit dem auch bidirektionales Laden mess- und abrechnungstechnisch abgewickelt werden kann. Auch die eichrechtliche Konformität wurde geprüft. Durch „Mobile Metering“ werden Kostenvorteile erwartet, weil die Mess- und Zähltechnik nur ein Mal pro Fahrzeug angeschafft werden muss. Außerdem senkt diese Variante die Abhängigkeit von regionalen Versorgungsdifferenzen. Darüber hinaus senkt es die Kosten für Infrastrukturbetreiber, um überhaupt öffentliche Ladeinfrastruktur anbieten zu können.²⁵

3.2.2 Stand der Technik im Bereich Netzintegration

Die intelligente Kopplung der Elektromobilität an das Energienetz (Smart Grid) kann in Zukunft für dezentralen Lastausgleich, Speicherung und Rückspeisung von Energie und weitere Netzdienstleistungen (Frequenzhaltung, Blindleistungskompensation) sorgen. Das „Harz.EE-mobility“ Projekt der Siemens AG hat bereits eine Verbindung zwischen Energienetz, Bordnetz des Autos, Verkehrsinformationssystemen und Kontodatenverwaltung von Stromkunden demonstrieren können.²⁶ Das Projekt „eFlott“ von E.ON in Kooperation mit Audi, den Stadtwerken München (SWM) und der TU München testete einen Flottenversuch mit 20 Elektroautos und 200 Ladesäulen. Dieses konzentrierte sich auf die Datenübertragung zwischen Fahrer, Auto, Stromtankstelle und Stromnetz, sowie Erkenntnisse zum Nutzerverhalten.²⁷

Die Netzintegration vollzieht sich sehr grob in zwei Stufen. 1) als unidirektionales gesteuertes Laden mit etwaigen Zusatzoptionen wie der Teilnahme an Teilmärkten für Regelenergie, 2) als bidirektionale (Voll-) Integration mit Teilnahme am Regelenergiemarkt (positiv / negativ) und vor allem der Rückspeisung V2G. Bereits auf der ersten Stufe gibt es versch. Geschäftsmodelloptionen wie bspw. den Verkauf von Energie über zeit- und lastvariable Tarife oder die zentrale Steuerung des Ladeprozesses durch den Netzbetreiber, dessen Zugriffsmöglichkeit über den Besitz der Batterie und ein Leasingverhältnis mit dem Endkunden sichergestellt ist. Hierfür sind entsprechende Tarifoptionen mit bestimmten Flexibilitätsoptionen für den Endnutzer denkbar. Eine weitere Option ist die Kopplung des Fahrzeugs an eine PV-Anlage und die energiewirtschaftliche Optimierung mit der Eigenverbrauchsregelung. In der zweiten Stufe entstehen

²² Vgl. Barth, Heike u. Braun, Martin u.a., IWES - Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystem-technik u.a., Gemeinsamer Abschlussbericht, Kontaktloses Laden von Elektrofahrzeugen W-Charge, Kassel, , 2011, S. 50

²³ Die in den USA gestarteten Aktivitäten bei der Society of Automotive Engineers (SAE) zielen, genauso wie nationalen Aktivitäten bei der Deutschen Kommission Elektrotechnik Elektronik und Informationstechnik (DKE), auf eine Standardisierung des kontaktlosen Ladens ab. Weiterhin sind internationale Aktivitäten angelaufen, die bei der International Organization for Standardization (ISO) und der International Electrotechnical Commission (IEC) organisiert sind. Barth, Heike u. Braun, Martin u.a., IWES - Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystem-technik u.a., Gemeinsamer Abschlussbericht, Kontaktloses Laden von Elektrofahrzeugen W-Charge, Kassel, 2011, S. 62.

²⁴ Vgl. Arnold, G. et al.; Studie Marktübersicht Kommunikation/Steuerung; S. 16; Mai 2010

²⁵ Vgl. Berg, Andreas et al: On-Board-Metering, einfach überall Strom tanken, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 6, 2011, S.59ff.

²⁶ <https://www.harzee-mobility.de/>

²⁷ http://www.eon-energie.com/pages/eea_de/Innovation/Innovation/E-Mobilitaet/Pilotprojekt_elflott/index.htm

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	17/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Geschäftschancen durch den Verkauf von Energie (V2G) und die Teilnahme von gepoolten Fahrzeugen am Regelenergiemarkt, womit die neue Marktrolle eines Pool-Koordinators einhergehen könnte.

Für das gesteuerte Laden wurden in vielen Studien Abschätzungen des Kostenvorteils für den Endkunden vorgenommen, die in der Regel, je nach Annahmen, im Bereich einiger Dutzend Euro pro Jahr liegen. In der gleichen Größenordnung liegt der potenzielle Mehrwert für den Energielieferanten.²⁸

In einer Reihe von Forschungsprojekten wurden erste Marktabschätzungen und Wirtschaftlichkeitsanalysen für die Teilnahme am Regelenergiemarkt vorgenommen: Im dänischen Projekt NUVVE („Regelenergie durch netzintegrierte Batteriefahrzeuge“) wurden Gewinne pro Batteriefahrzeug von bis zu 10.000 \$ p.a. für das Anbieten von Regelleistung ermittelt. Auch in einer US-amerikanischen Studie wurden mögliche Erlöse zwischen 2554 \$ und 4454 \$ p.a. errechnet.²⁹ Im Projekt HarzEE-Mobility wurden die Gewinnmöglichkeiten aus Sicht des Pool-Koordinators berechnet. Es wurden für 12 verschiedene Szenarien (Zeitabschnitte, Angebotsgrößen, beteiligte Fahrzeuge) Erlöse und Kosten gegenübergestellt, mit dem Ergebnis, dass selbst bei Berücksichtigung der reinen Kosten des Poolkoordinators und ohne Berücksichtigung eines monetären Anreizes für den Endkunden (was eine unrealistische Annahme ist) nur 4 von 12 Szenarien profitabel sind. Da der Regelenergiemarkt wegen der Dreistufigkeit aus versch. Marktkategorien besteht (Primärregelleistung, Sekundärregelleistung positiv / negativ; Tertiärregelleistung positiv / negativ), die jeweilige Zuordnung der feingliedrigen Zeitscheiben Einfluss auf die Wirtschaftlichkeitsbewertung hat, und einige Bestimmungsfaktoren wie die Anschlussleistung die Ergebnisse stark verändern können, sind die genannten Werte nur eine erste Orientierung.

Für die technische Realisierung der Netzintegration ist eine Vielzahl von heute unterschiedlich ausgeprägten Voraussetzungen notwendig.

Eine zentrale technische Komponente ist die Rückspeisefähigkeit der Fahrzeuge. Im Projekt Gridsurfer wurde ein dreiphasiges bidirektionales Onboard-Ladegerät als Bestandteil der zentralen Leistungselektronik (Fahrumrichter, Bordnetzwannder und Ladegerät) entwickelt. Dadurch konnte ein akzeptabler Bauraumbedarf bei einer Rückspeiseleistung von 11,2 kW erzielt werden.³⁰ Auch im Projekt „Emotion ohne Emission“ von Siemens und Ruf wurde die bidirektionale Ladetechnik in die Leistungselektronik integriert und mit dem Traktionsinverter kombiniert, so dass Ladeleistungen mit bis zu 22 kW an 400V Drehstrom und mit Batteriespannungen bis zu 840V möglich waren.³¹

Auch das jeweilige Human Maschine Interface (HMI) ist wichtig für eine komfortable Information, Bedienung und Steuerung des Ladevorgangs aus Sicht des Kunden. In einigen Projekten wurden daher Smartphone-Applikationen entwickelt, mit denen Ladevorgänge gesteuert bzw. überwacht werden können.³²

Eine Minimalvoraussetzung für eine erfolgreiche Netzintegration ist der Einsatz intelligenter Zähler (Smart Meter). Die Thematik verweist auch auf die bereits angesprochenen Frage des Anbringungsorts des Zählers (im Ladepunkt vs. Mobile Metering). Technisch stellt die Zählertechnologie kein Problem dar. Ein bislang nicht gelöstes technisch-prozessuales Problem in diesem Zusammenhang ist jedoch die energiewirtschaftliche Bilanzierung von EFZ seitens des Energielieferanten. Bei Nutzung heutiger Standardlastprofile würden sich die mit der Netzintegration von EFZ verbundenen Abweichungen in Beschaffungsrisiken des Energieversorgers niederschlagen, der diese wiederum einpreisen müsste. Ein Standardlastprofil für EFZ-Kunden, die gesteuert laden, gibt es bislang nicht. Eine registrierende Leistungsmessung ist aus Kostengründen derzeit keine reale Alternative für EFZ-Kunden.

3.2.3 Stand der Technik im Bereich Parken

Intelligente Parkraumbewirtschaftung ist noch kaum verbreitet. Dies liegt primär an der Zersplitterung des Marktes. Erwähnenswert ist die Website Skyparking.com der APCOA Gruppe, die die Onlinebuchung von Flughafenparkplätzen anbietet. Die Abteilung „Intelligent Traffic Systems“ der Siemens AG bietet für solche Zwecke Ultraschallsensoren an, welche Daten über die Belegung in Echtzeit an die Zentrale übermittelt. Stellplätze werden dadurch reservierungsfähig. Dynamische Richtungsanzeigen leiten die Autofahrer direkt zu den nächstgelegenen freien Parkplätzen.³³

²⁸ Gemeinsam mit Fraunhofer IWES hat das IKEM diesbezüglich die vorhandenen Ergebnisse aufgelistet, gegenübergestellt und darauf aufbauend eigene Rechnungen vorgenommen.

²⁹ Vgl. Kempton, W.; Tomic, J.: Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy. Journal of Power Sources, 144:280–294, April 2005

³⁰ Vgl. Westenburg, M: Gridsurfer, Öffentlicher Abschlussbericht, 2011, S.25

³¹ Vgl. Ruf Automobile; Siemens: Emotion und Emission, Abschlussbericht, Pfaffenhausen 2011, S.15.

³² Beispielhaft: Me Regio Mobil, Gridsurfer, Gesteuertes Laden V2.0.

³³ <http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/de/nahverkehr/strassenverkehr/parkraummanagement/Seiten/parkraummanagement.aspx>

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	18/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

In Kalifornien wird derzeit der Pilotversuch „SF Park“ umgesetzt, bei 7000 Parkplätze mit Sensorik ausgestattet werden und Echtzeitinformationen zur Verfügbarkeit und dem Preis des jeweiligen Parkplatzes über Online- und Smartphone-Applikationen zur Verfügung stellen.

Der amerikanische Anbieter ParkWhiz bietet eine Applikation an, mit der Kunden freie Parkplätze finden und reservieren können.³⁴

Europaweit führend ist derzeit Frankreich. In Toulouse ist es in einem Feldversuch in einer Straße möglich, über eine Smartphone-Applikation und künftig auch über GPS zum nächsten freien Parkplatz gelotst zu werden. Das System soll nun auf 15.000 Parkplätze der Stadt ausgeweitet werden. Auch in Nizza wird derzeit ein intelligentes Parkscheinautomaten verbunden und zeigen in Echtzeit freie Parkplätze an. Über NFC ist außerdem die Online-Zahlung der Parkgebühren möglich. Das System wird derzeit in einer Straße getestet und soll bis 2014 in ganz Nizza eingesetzt werden.³⁵

Eine außerdem an Bedeutung zunehmende Entwicklung ist die Vermarktung von Privatparkplätzen. Hierfür ist die „Park at my house-App“ an der auch Car2Go beteiligt ist, wegweisend.

3.2.4 Stand der Wissenschaft zum Arbeitspaket Geschäfts- und Finanzierungsmodelle

Der Stand der Wissenschaft und Forschung bezüglich des analytischen Konstrukts von Geschäftsmodellen spiegelt sich vorrangig in der Literatur wieder.^{36 37 38 39 40}

Zudem wurden bei der Forschungsförderung für Elektromobilität im Rahmen des Konjunkturpakets II Geschäftsmodelle in einigen Projekten explizit berücksichtigt (z.B. „Harz.EE-mobility“ und MeRegioMobil).

Das IKEM ist derzeit gemeinsam mit Fraunhofer IWES im Rahmen des durch das Bundesministerium für Umwelt (BMU) geförderten Projekts „Wissenschaftliche Unterstützung bei der Erstellung von fahrzeugbezogenen Analysen zur Netzintegration von Elektrofahrzeugen unter Nutzung erneuerbarer Energien“ dabei, alle verfügbaren nationalen und internationalen Forschungsprojekte im Bereich Netzintegration der Elektromobilität unter dem Aspekt der Geschäftsmodellrelevanz zu untersuchen, bisherige Bewertungsansätze auszuwerten und weiter zu entwickeln.

Eine dezidierte abgeschlossene Untersuchung von Geschäftsmodellen für neue (elektromobile) Mobilitätskonzepte in Städten ist nicht bekannt. Das IKEM hat diesbezüglich in einer Auftragsforschung für Siemens zum Thema „Geschäftsmodelle der Elektromobilität“ erste Vorarbeiten geleistet und Geschäftsmodelle in verschiedenen Geschäftsfeldern analysiert. Die in der Literatur vorfindbaren allgemeinen (theoretischen) Ansätze sowie die Ergebnisse aus einschlägigen Forschungsprojekten werden im Rahmen des Projektes aufgearbeitet und auf den Untersuchungsgegenstand angewendet.

3.2.5 Stand der Wissenschaft zum Arbeitspaket Recht

Trotz der Begleitforschung zu den zahlreichen Förderprojekten im Bereich Elektromobilität und Netzintegration steht die juristische Diskussion zu diesen Themen noch weitgehend am Anfang. So hat insbesondere eine vollkommen unabhängige wissenschaftliche Diskussion von Fragen der Elektromobilität, insbesondere in der universitären Wissenschaft und ihren Veröffentlichungen, bisher nicht oder nur wenig stattgefunden. Eine Rolle spielten Fragen der Elektromobilität bisher ausschließlich in der juristischen Aufsatzliteratur ausgesuchter Fachzeitschriften, insbesondere in der Zeitschrift für Neues Energierecht (ZNER) und der Energiewirtschaftliche Tagesfragen (et). Die Autoren der bisher veröffentlichten Artikel⁴¹

³⁴ Vgl. Oliver Wyman: „Urbane Mobilitätskonzepte der Zukunft“, Berlin 2011.

³⁵ Vgl. Pressemitteilung von Mobilité Cités – 24.01.2012 – http://www.mobilicites.com/fr_actualites_nice-se-lancedans-le-stationnement-intelligent_0_77_1653.html

³⁶ Kagermann, H. et al: Reinventing your Business Model, Harvard Business Review, Dezember 2008, S. 50-60

³⁷ Kagermann, H.; Oesterle, H.: Geschäftsmodelle 2010. Wie CEOs Unternehmen transformieren, Frankfurt am Main 2006

³⁸ Stähler, P.: Geschäftsmodelle in der digitalen Ökonomie, Köln 2002

³⁹ Hendrix, Andreas, Geschäftsmodellinnovationen im Mobile Business: Entstehung und Gestaltungsmöglichkeiten, Kovač, Hamburg 2005

⁴⁰ Eckhardt, Carl Friedrich, Marktchancen innovativer Verkehrsangebote für den Personenverkehr in Ballungsgebieten, Techn. Univ. Berlin, Diss., 2003

⁴¹ Hier aufgeführt sind Aufsätze, die sich konkret mit Elektromobilität beschäftigen und nicht lediglich auf Fragen eingehen, die auch im Rahmen der Elektromobilität eine Rolle spielen: Gauggel, Sabine: Öffentliche Ladeinfrastruktur für Elektromobile: Kommunale Handlungsmöglichkeiten, IR 2011, S. 252-257; Hoff, Stefanie v.: Zugangsanspruch zu Elektromobilitätstankstellen, ZNER 2009, 341-345; Fest, Claus; Franz, Oliver; Haas, Gabriele: Energiewirtschaftliche und energiewirtschaftsrechtliche Fragen der Elektromobilität – Teil 1, et 2010, Heft 4, 93-98; Fest, Claus; Franz, Oliver; Gaul, Armin: Energiewirtschaftliche und energiewirtschaftsrechtliche Fragen der Elektromobilität – Teil 2, et 2010, Heft 5, 79-84; Feller, Diane; de Wyl, Christian; Missling, Stefan: Ladestationen für Elektromobilität – regulierter Netzbereich oder Wettbewerb?, ZNER 2010, 240-246; Hammerstein, Christian v.; Hoff, Stefanie v.: Neue Infrastrukturkonzepte für Elektromobilität, ZNER 2010, 259-264; Keil, Eric; Schmelzer, Knut:

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	19/ 136
--	--	------------------------------------	--------------------

gehören fast ausnahmslos der sich zurzeit als Mobilitätsprovider etablierenden Industrieunternehmen (RWE), großen Anwaltskanzleien mit einschlägiger Mandantschaft (Raue LLP, Becker Büttner Held) oder Verbänden (Verband Kommunaler Unternehmen e. V.) an. Im Mittelpunkt der Diskussion standen die öffentlichen Ladesäulen, ihre Beurteilung (Energieversorgungsnetz, Kundenanlage oder elektrische Anlage außerhalb des Stromversorgungsnetzes) nach dem Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) und die rechtliche Beurteilung der am Ladevorgang an diesen öffentlichen Ladesäulen beteiligten Messinstrumente. Dabei war eine klare Orientierung auf die rechtliche Bewertung von Geschäftsmodellen zu erkennen, mit denen die bereits am Markt operierenden Mobilitätsprovider in eine Testphase getreten sind (hier insbesondere das Konzept einer Ladesäule als Kundennetz des Mobilitätsproviders nur für dessen Kunden und die seiner E-Roaming-Partnerunternehmen).⁴² Teilweise wurden darüber hinaus Ladestationsmodelle einbezogen, die im Rahmen der Nationalen Plattform Elektromobilität bereits diskutiert werden (hier insbesondere Systemsteckdose und On-board-Metering).⁴³ Allerdings ist für die Bewertung der bisherigen Diskussion zu berücksichtigen, dass die neue Fassung des Energiewirtschaftsgesetzes vom 28.07.2011 in nahezu allen Beiträgen noch nicht einbezogen werden konnte. So wurde im neuen § 3 Nr. 24a, 24b EnWG beispielsweise die Kundenanlage erstmals definiert und damit für die diskutierte Abgrenzung von Energieversorgungsnetz und Kundenanlagen eine neue Grundlage geschaffen.⁴⁴

Sehr wenig beachtet sind bislang zudem Beweis- und eichrechtliche Fragen im Zusammenhang mit der Elektromobilität. Erste Diskussionsansätze lieferten beispielsweise Pallas et al.⁴⁵

Wenige neuere Aufsätze in Fachzeitschriften wie z.B. Infrastruktur und Recht oder die Öffentliche Verwaltung haben den Aufbau und den Betrieb von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum aus rechtlicher Sicht zum Gegenstand, wobei neben straßen- und straßenverkehrsrechtlichen Fragen auch mögliche kommunale Handlungsinstrumente für die Errichtung einer flächendeckenden öffentlichen Ladeinfrastruktur diskutiert werden.⁴⁶ Darüber hinaus hat im Rahmen des Förderprogramms "Elektromobilität in Modellregionen" das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) einen Praxisleitfaden zum Thema "Aufbau einer öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur für Genehmigungsbehörden und Antragssteller" herausgegeben.⁴⁷ In fachlicher Zusammenarbeit mit den Projektleitstellen und -partnern in den jeweiligen Modellregionen wurde der Bericht durch die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) erstellt.

Im Bereich des Datenschutzes- und des Datensicherheitsrechtes lässt sich an die Ergebnisse der Begleitforschung zu E-Energy und IKT für Elektromobilität anknüpfen.⁴⁸ Zudem sind auch hier die Neuerungen im Energiewirtschaftsgesetz im Bereich des Messwesens zu beachten, die eine Neuausrichtung im Sinne erster Grundlagen für ein Smart Metering enthält, das den Anforderungen an Datenschutz und Datensicherheit genügt, enthält.⁴⁹ Insoweit sind auch die aktuellen Aktivitäten des Verordnungsgesetzgebers zu beachten, der die neuen Anforderungen des Energiewirtschaftsgesetzes detaillierter regeln wird.

Parkraummanagement ist ein wichtiges Thema von Städten. Dazu liegen bereits vielfältige Praxiserfahrungen vor. So gibt es seit 2005 ein INTERREG III C Projekt der Europäischen Union, in dessen Rahmen europäische Städte ihre Erfahrungen zum Thema „City Parking in Europe“ austauschen und diskutieren können.⁵⁰ Mit der Analyse und Weiterentwicklung vorhandener Instrumente im Bereich

Systemintegration von Elektromobilität, Herausforderung an das Energiewirtschaftsrecht, eine Standortbestimmung – Teil 1, ZNER 2010, 461-467; Keil, Eric; Schmelzer, Knut: Systemintegration von Elektromobilität, Herausforderung an das Energiewirtschaftsrecht, eine Standortbestimmung – Teil 2, ZNER 2010, 563-567.

⁴² So insbesondere Fest, Claus; Franz, Oliver; Haas, Gabriele: Energiewirtschaftliche und energiewirtschaftsrechtliche Fragen der Elektromobilität – Teil 1, et 2010, Heft 4, 93-98; Fest, Claus; Franz, Oliver; Gaul, Armin: Energiewirtschaftliche und energiewirtschaftsrechtliche Fragen der Elektromobilität – Teil 2, et 2010, Heft 5, 79-84.

⁴³ Hammerstein, Christian v.; Hoff, Stefanie v.: Neue Infrastrukturkonzepte für Elektromobilität, ZNER 2011, 259-264.

⁴⁴ Als einziger Artikel diskutiert Hammerstein, Christian v.; Hoff, Stefanie v.: Neue Infrastrukturkonzepte für Elektromobilität, ZNER 2011, 259-264 schon auf der neuen Rechtsgrundlage, allerdings nur zu einem sehr spezifischen Geschäftsmodell: Systemsteckdose und On-board Metering.

⁴⁵ Pallas, Frank; Raabe Oliver; Weis Eva: Beweis- und eichrechtliche Aspekte der Elektromobilität, CR 2010, S. 404-410.

⁴⁶ Michaels, Sascha; de Wyl, Christian; Ringwald, Roman: Rechtsprobleme im Zusammenhang mit der Nutzung des öffentlichen Straßenraums für Elektromobilitätsanlagen, DÖV 2011, 831-840; Gauggel, Sabine: Öffentliche Ladeinfrastruktur für Elektromobile - Kommunale Handlungsmöglichkeiten, IR 2011, 252-257.

⁴⁷ NOW: Praxisleitfaden - Aufbau einer öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur für Genehmigungsbehörden und Antragsteller, Hrsg. v. BMVBS, 2011.

⁴⁸ Raabe, Oliver; Pallas, Frank; Weis, Eva u.a. (Hrsg.): Datenschutz in Smart Grids – Anmerkungen und Anregungen, 2011.

⁴⁹ Bundesregierung, Entwurf eines Gesetzes zur Neuregelung energiewirtschafts-rechtlicher Vorschriften, Drucksache 343/11, S. 192; mit § 21g EnWG wurde eine bereichsspezifische Regelung für den Schutz personenbezogener Daten geschaffen.

⁵⁰ <http://www.city-parking-in-europe.eu/>

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	20/ 136
--	--	------------------------------------	--------------------

Parkraumbewirtschaftung befasst sich „ParkenBerlin“⁵¹, ein Forschungs- und Entwicklungsvorhaben der Förderinitiative Mobilität 21 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) sowie das Folgeprojekt „Masterplan Parken“⁵², der im neuen Berliner Stadtentwicklungsplan (StEP) Verkehr vom 29.03.2011 verankert ist. Die aus diesem Projekt resultierenden Erkenntnisse insbesondere zur Gebührenhöhe, der Steuerung des privaten Stellplatzausbaus und der Privilegierung von Car-Sharing im öffentlichen Straßenraum werden zu berücksichtigen sein. Weiterhin zu beachten sind in diesem Zusammenhang die Veröffentlichungen von Bracher/Lehmbrock (2008)⁵³, Huber-Erlar (2010)⁵⁴, Lehmbrock (1991)⁵⁵, Baier et al. (2000)⁵⁶ und Ponel (1999)⁵⁷. Ebenfalls wichtige Hinweise in diesem Zusammenhang insbesondere mit Blick auf die praktische Umsetzbarkeit liefert die Machbarkeitsstudie zur Parkraumbewirtschaftung im Prenzlauer Berg.⁵⁸

Zum Thema rechtlicher Förderinstrumente der Elektromobilität ist vor allem die Studie „Elektromobilität und Erneuerbare Energien“ herausgegeben vom Energie Impuls OWL e.V. fachlich unterstützt vom Bundesverband Erneuerbare Energien e.V. (BEE) zu beachten. Diese Studie untersucht aus ökonomischer und rechtlicher Sicht neben der Förderung der Elektromobilität im Allgemeinen insbesondere auch Instrumente zur Förderung einer „intelligenten Ladeinfrastruktur“, die auch die Netzintegration von Elektrofahrzeugen ermöglicht. Einen Überblick über Steuerungsinstrumente für einen umweltfreundlichen Verkehr geben zudem das aktuelle Gutachten⁵⁹ des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU) und das Sondergutachten „Umwelt und Verkehr“⁶⁰ des SRU.

Das IKEM verfügt über ausgeprägte rechtliche Expertise in den Themenbereichen Energie und Mobilität. So hat das IKEM begleitend zu neuen technischen Entwicklungen im Bereich der leitungsgebundenen Elektromobilität im Rahmen einer Auftragsforschung von Siemens ein ausführliches rechtswissenschaftliches Gutachten zu den rechtlichen Aspekten der Elektrifizierung von Autobahnen als E-Highway erstellt. Untersucht wurden die rechtlichen Barrieren und die notwendige Anpassung des Rechts- und Politikrahmens zur Einführung der Technologie sowohl für eine Teststecke als auch für die Einführung im großtechnischen Rahmen. Rechtliche Prüfungsschwerpunkte lagen im Bereich des Fernstraßen- und Fernstraßenplanungsrechts, des Energiewirtschaftsrechts und des Straßenverkehrsrechts.⁶¹

Gemeinsam mit Fraunhofer IWES arbeitet das IKEM derzeit im Rahmen des durch das Bundesministerium für Umwelt (BMU) geförderten Projekts „Wissenschaftliche Unterstützung bei der Erstellung von fahrzeugbezogenen Analysen zur Netzintegration von Elektrofahrzeugen unter Nutzung erneuerbarer Energien“ daran, alle verfügbaren nationalen und internationalen Forschungsprojekte im Bereich Netzintegration der Elektromobilität unter dem Aspekt der Geschäftsmodellrelevanz zu untersuchen, bisherige Bewertungsansätze auszuwerten und weiter zu entwickeln. Dabei ist der Fokus auch auf rechtliche Fragestellungen gerichtet.

Schließlich analysiert das IKEM derzeit in einer Auftragsforschung für Siemens zum Thema „Geschäftsmodelle der Elektromobilität“ Geschäftsmodelle in verschiedenen Geschäftsfeldern (Mobilitätsdienstleistungen, Ladeinfrastruktur und Straßenbenutzungsgebühren). Das IKEM leistet damit erste Vorarbeiten für eine dezidierte Untersuchung von Geschäftsmodellen für neue (elektromobile)

⁵¹ Lehmbrock, Michael; Heinrichs, Eckhart; Kohlen, Ralf; u.a.: Abschlussbericht Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „ParkenBerlin“, Sept. 2009.

⁵² Bracher, Tilmann; Hertel, Martina: „Masterplan Parken“, Projektdauer 2011-2012, <http://www.difu.de/projekte/2011/masterplan-parken-berlin.html>, abgerufen am 06.06.2012.

⁵³ Bracher, T., Lehmbrock, M. (Hrsg.): Steuerung des städtischen Kfz-Verkehrs - Parkraummanagement, City-Maut und Umweltzonen. 2008, Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik. Difu-Impulse 6.

⁵⁴ Huber-Erlar, R.: Parkraum als Steuerungsinstrument. In: Bracher, T., Haag, M., Holzappel, H., Kiepe, F., Lehmbrock, M., Reutter, U. (Hrsg.): Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung. Für die Praxis in Stadt und Region. Losebl.-Ausg., 56. Erg.-Lfg., 2010, Berlin, Offenbach: Wichmann, Kap. 3.4.12.1.

⁵⁵ Lehmbrock, M. (1991): Möglichkeiten zur Beeinflussung des Kfz-Verkehrs mit Stellplatzverordnungen und -sätzen. In: Bracher, T., Haag, M., H., H., Kiepe, F., Lehmbrock, M., Reutter, U. (Hrsg.): Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung. Für die Praxis in Stadt und Region. Losebl.-Ausg., 1. Erg.-Lfg., 1991. Berlin, Offenbach: Wichmann, Kap. 3.4.12.2.

⁵⁶ Baier, R., Hebel, C., Peter, C., Schäfer, K.-H.: Gesamtwirkungsanalyse zur Parkraumbewirtschaftung. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen – Verkehrstechnik V 75, 2000.

⁵⁷ Ponel, T.: Verkehrsvermeidung. Handlungskonzepte für eine integrierte Stadt- und Verkehrsentwicklungsplanung. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik. Difu-Materialien 1/99.

⁵⁸ Heinrichs, Eckhart; Janus, Philip: Parkraummanagement prüfen – Machbarkeitsstudie Parkraumbewirtschaftung Prenzlauer Berg, Dez. 2008.

⁵⁹ Sachverständigenrat für Umweltfragen: Umweltgutachten 2012, Juni 2012, S. 294-318.

⁶⁰ Sachverständigenrat für Umweltfragen: Umwelt und Straßenverkehr. Hohe Mobilität – Umweltverträglicher Verkehr, 2005, S. 85-97, Sondergutachten.

⁶¹ Da der Auftraggeber mit der Technologie bisher nicht an die Öffentlichkeit getreten ist, können Einzelheiten bis auf weiteres nicht offenbart werden.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	21/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Mobilitätskonzepte in Städten. Auch im Rahmen dieses Projektes fließen rechtliche Betrachtungen als Determinanten für mögliche Geschäftsmodelle ein.

3.2.6 Stand der Wissenschaft zum Arbeitspaket Modellierung/Simulation

Das im Rahmen dieser Studie zu entwickelnde Simulationswerkzeug ist im Querschnittsbereich von Stadtverkehrssimulationen, der Simulation rechtlicher und politischer Rahmenbedingungen sowie der Simulation verschiedener Geschäftsmodelle und ihrer Interaktion am Gesamtmarkt angesiedelt. Zudem sind die Themenfelder Elektromobilität, verkehrsträgerübergreifende Mobilität und Energie zentrale Bestandteile des Projektes. Für die geplante Untersuchung bieten u.a. die nachfolgend aufgeführten Studien wichtige Ansatzpunkte in methodischer Hinsicht, aber auch zur Ermittlung relevanter Eingangsdaten.

Stadtverkehr und Städte im Allgemeinen sind komplexe Systeme. Mit Modellen, die sich der Komplexität von Städten widmen, beschäftigt sich insbesondere Michael Batty⁶². Der Sammelband von Sergio Albeverio⁶³ gibt einen weiteren Überblick zu Arbeiten in diesem Themenbereich.

Im Zusammenhang mit dem Ausbau der Erneuerbaren Energien und der Vorbereitung der Energiewende wurden eine Reihe von Studien und Szenarien erarbeitet, die als Hintergrundinformationen vor allem mit Blick auf die Netzintegration der Elektromobilität zu berücksichtigen sein werden. Erwähnt seien die Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung von 2010⁶⁴ und die Leitstudie 2010⁶⁵.

Neben den vorgenannten Quellen, die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens für den allgemeinen Hintergrund und die Einordnung des Vorhabens in den Gesamtkontext relevant sind, werden im Folgenden wichtige Vertreter, die den Stand der Forschung zu einzelnen Aspekten und Modulen des angestrebten Simulationswerkzeuges widerspiegeln, benannt.

Marktmodelle und Gesetzesfolgen

Explizit mit der Simulation von Politikentscheidungen beschäftigt sich das Marktmodell Elektromobilität (MMEM) der ESMT - European School of Management and Technology Berlin.⁶⁶ Es soll als Entscheidungshilfe für die zukünftige politische Planung im Bereich Elektromobilität in Deutschland dienen, indem der Einfluss bestimmter Regulierungs- und Subventionsmaßnahmen politischer Entscheidungsträger mit Blick auf zukünftige Entwicklungen bewertet werden. In dem Projekt „Modelling the impact of local policies to optimise the development of electric vehicles“ wurden Szenarien für eine städtische Verkehrspolitik auf Ebene städtischer Bezirke simuliert. Es wurden die Auswirkungen von Politikentscheidungen und die Effekte von Elektrofahrzeugen auf den Modal Split, das Verkehrsaufkommen, den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen untersucht. Dazu wurde das Land Use Transport Interaction (LUTI) „MARS“ (Metropolitan Activity Relocation Simulator) genutzt und um die Komponente Elektrofahrzeuge zu „MARS-VE“ erweitert.⁶⁷ Mit der Simulation von Gesetzesfolgen im Individualverkehr beschäftigt sich zudem Meyer in seiner Dissertation.⁶⁸ Ziel der Arbeit ist es, eine Bewertung der komplexen Beziehungen zwischen Emissionsbelastungen, alternativen Antriebs- und Kraftstoffstrategien und den zur Umsetzung der Strategien anwendbaren umweltpolitischen Instrumentarien vorzunehmen. Rückkopplungen zwischen verhaltensorientierten, technischen und ökonomischen Größen werden dabei in die Entscheidungsprozesse integriert. Grundlage des Simulationsmodells ist System Dynamics. Beide Forschungsarbeiten nutzen globale Modellansätze.

Eine agentenbasierte Simulation nimmt Harder in seiner Dissertation vor, wenn er die Auswirkungen von Straßenbenutzungsgebühren mit dem Ziel der Verwirklichung eines nachhaltigen Stadtverkehrs mittels SeSam (Shell für simulierte Agentensysteme der Uni Würzburg, Lehrstuhl für Künstliche Intelligenz und Angewandte Informatik 2009) untersucht.⁶⁹

Nutzerverhalten und Verkehrsnachfragemodelle

⁶² Batty, Michael: Cities and Complexity - Understanding with Cellular Automata, Agent Based Models and Fractals“, MIT, 2005.

⁶³ Albeverio, Sergio: „The dynamics of complex urban systems: an interdisciplinary approach“, Physica Verlag, 2008.

⁶⁴ Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung, Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS) im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, August 2010.

⁶⁵ Leitstudie 2010: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) und Ingenieurbüro für neue Energien (IfNE) im Auftrag des Bundesumweltministeriums.

⁶⁶ ESMT Berlin: Marktmodell Elektromobilität, Bericht Teil 1, Ansatz und Ergebnisse, Sept. 2011.

⁶⁷ Mousseau, Benjamin; Fulda, Anne-Sophie; Emberger, Günter: Modelling the impact of local policies to optimise the development of electric vehicles, präsentiert auf dem WCTRS - SIG10 Workshop in Vienna “Emerging Urban Transport Policies towards Sustainability”, 2012.

⁶⁸ Meyer, Grisca: Analyse und technisch-ökonomische Bewertung von Gesetzesfolgen im Individualverkehr - dargestellt am Beispiel der Automobilindustrie Japans und Deutschlands, Diss., Berlin, 2009.

⁶⁹ Harder, Florian: Straßenbenutzungsgebühren und nachhaltiger Stadtverkehr – eine agentenbasierte Mikrosimulation, 2011.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	22/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Es gibt zahlreiche Untersuchungen, die Stadtverkehrssimulationen zum Gegenstand haben. Verkehr lässt sich aufgrund immer leistungsstärkerer Informationsverarbeitungstechnik immer detaillierter und vernetzter modellieren. Daher werden in den letzten Jahren zunehmend neben den traditionellen Verkehrsmodellen (Vier-Stufen-Algorithmus) Multiagentensysteme zur Simulation genutzt. Ein Beispiel agentenbasierter Verkehrsmodelle ist das deutsch-schweizerische Forschungsprojekt Multi-Agent Transport Simulation (MATSim), welches an der ETH Zürich (Kay W. Axhausen) gemeinsam mit der TU Berlin (Kai Nagel) entwickelt wurde.

Dabei sind Multiagentensysteme nicht auf die Verkehrssimulation beschränkt, sondern werden beispielsweise auch im sozial- und bevölkerungsgeographischen Kontext genutzt oder zur Simulation von Konsumentenverhalten.⁷⁰ MATSim kam insbesondere zur wirtschaftlichen Abschätzung und Fragen der Akzeptanz von Straßenbenutzungsgebühren⁷¹ sowie zur Optimierung des öffentlichen Verkehrs zum Einsatz⁷². Hierbei sei besonders auf die Anwendung der Multiagenten-Simulation für die Stadt Berlin hingewiesen, also in einem realen Umfeld von großer Dimension.⁷³ Weitere Untersuchungen, die den Effekt von Straßenbenutzungsgebühren mittels Simulation abzuschätzen versuchen sind z.B. Washbrook et al.⁷⁴ und Hamdouch et al.⁷⁵ Einen weiteren Überblick über den Forschungsstand aktivitäten-basierter Modelle gibt Timmermans.⁷⁶

Wichtig für das Thema Mobilität und Mobilitätstypen in Deutschland ist Kramers Buch Zeit für Mobilität.⁷⁷ Dort geht sie u.a. der Frage nach, inwieweit der Kontext (z.B. das räumliche Umfeld) zusammen mit aktorenspezifischen Merkmalen auf Mobilitätszeiten und die Verkehrsmittelwahl einwirkt. In der empirischen Studie wertet sie die zwei Zeitbudgetstudien des Statistischen Bundesamtes von 1991/92 und 2001/02 sowie qualitative Interviews aus. Als wichtige Datenbasis dienen schließlich die Daten der bundesweiten Befragungen „Mobilität in Deutschland“ (Mid 2008) im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS).⁷⁸ Weitere berlinspezifische Daten liefert die Erhebung „Mobilität in Städten – SrV“ (SrV 2008) der TU Dresden, an der auch Berlin teilgenommen hat.⁷⁹

Parken im speziellen wurde mittels Simulationen bereits in den 80er Jahren betrachtet.⁸⁰ Ein Modell welches das Verhalten bei der Parkplatzsuche in Zusammenhang mit der Wahl des Parkplatztyps abbildet wurde z.B. von Kaplan und Bekhor entworfen.⁸¹ Des Weiteren wurde die Parkplatzwahl mittels Simulation durch Tatsumi bearbeitet.⁸² Speziell für das Untersuchungsgebiet Berlin ist die Publikation „Einfach Parken“⁸³ sowie eine Publikation die konkret auf die Parkraumbewirtschaftung für einen Berliner Stadtteil eingeht im Rahmen der Simulation hilfreich.⁸⁴

Elektromobilitätsinfrastruktur

Die nationale Plattform Elektromobilität hat ein Modell zur Verteilung und Dimensionierung öffentlicher Ladeinfrastruktur vorgeschlagen. Hierbei wurden Städte, Gemeinden und Regionen in unterschiedliche Zonen aufgeteilt. Nach einem Schlüssel kann diesen Zonen ein Bedarf an (öffentlicher) Ladeinfrastruktur

⁷⁰ Harder, Florian: Straßenbenutzungsgebühren und nachhaltiger Stadtverkehr - eine agentenbasierte Mikrosimulation, Diss. 2011, S. 88.

⁷¹ Kickhofer, B., Zilske, M., Nagel K.: Income dependent economic evaluation and public acceptance of road user charging, 2010.; Beuck, U., Rieser, M., Nagel, K.: Multi-agent simulation used in a real world scenario on environmentally- oriented road pricing schemes, 2006).

⁷² Neumann, A., Nagel, K.: A Paratransit-Inspired Evolutionary Process for Public Transit Network Design, 2011.

⁷³ Beuck, U., Rieser, M., Nagel, K.: Multi-agent simulation used in a real world scenario on environmentally- oriented road pricing schemes, 2006).

⁷⁴ Washbrook et al. (2006): Estimating commuter mode choice: A discrete choice analysis of the impact of road pricing and parking charges. In: Transportation Vol. 33: 621-639.

⁷⁵ Hamdouch et al. (2007): Congestion Pricing for Multi Modal Transportation Systems. In: Transportation Research B, 41, 3: 275-291.

⁷⁶ Timmermans, Harry: Progress in activity-based analysis, Amsterdam (u.a.), Elsevier, 1. Aufl., 2005.

⁷⁷ Kramer, Caroline: Zeit für Mobilität - Räumliche Disparitäten der individuellen Zeitverwendung für Mobilität in Deutschland, 2005.

⁷⁸ <http://www.mobilitaet-in-deutschland.de>, abgerufen am 01.03.2012.

⁷⁹ http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/ivs/srv/2008, abgerufen am 01.03.2012.

⁸⁰ Young, S.-H.; Ma, T.; Chao, C.-M.: A Simulation Model for Managing the Parking Systems of Kaohsiung: A system Dynamics Approach. Proceedings of the 1985 international System Dynamics Conference. 1985

⁸¹ Kaplan, S.; Bekhor, S.: Exploring en-route parking type and parking-search route choice: decision making framework and survey design. International Choice Modelling Conference 2011. 2011

⁸² Tatsumi, H.: Modeling of parking lot choice behaviour for traffic simulation. Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies. Vol. 5. 2003

⁸³ Lehmbrock, M.; Steffens, P.: Einfach Parken – Ergebnisbericht zum Arbeitspaket 5 im Forschungs- und Entwicklungsvorhaben ParkenBerlin. 2009

⁸⁴ Bezirksamt Mitte von Berlin (Hrsg.): Bestandsaufnahme und Nachuntersuchung zur Parkraumbewirtschaftung im Bezirk Mitte. Enderbericht – Ergebnisse der Nachuntersuchungen und Empfehlungen. 2006

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	23/ 136
--	--	------------------------------------	--------------------

zugeordnet werden. Des Weiteren hat die NPE die benötigte Anzahl an Ladepunkte prognostiziert. Diese beträgt für öffentliche Ladestellen im Jahr 2014 12000 in der Stadt, 5250 am Stadtrand und 2000 im Umland (deutschlandweit).⁸⁵ Zwar liegen dadurch deutschlandweite Hochrechnungen bzw. Verteilungsschlüssel auf innerstädtischer Ebene vor, das Modell liefert aber keine umsetzbare Feindetaillierung für einen konkreten Stadtteil.

In der Modellregion Rhein-Ruhr, insbesondere im Projekt CologneE-mobil wurde die Nutzung von 20000 Elektrofahrzeugen und 1000 Batterieladestationen in der Stadt Köln simuliert. Die komplexe Modellierung bildete auch Streckenprofile, Verkehrssituationen, Fahrbahnzustände und Ladevorgänge ab. Zwar wurden erste Ergebnisse veröffentlicht⁸⁶, ein transparenter Schlussbericht ist jedoch bislang nicht verfügbar, so dass zur Aussagekraft der Studie und zur Relevanz für das hier vorliegende Konzept keine weiterführende Aussage getroffen werden kann.

Fluhr et al. erfassen das Fahrverhalten von Elektroautos mittels stochastischer Simulation. Im Fokus Ihrer Forschung steht die Frage wann und wo die Fahrzeuge für eine Anbindung an das Stromnetz zur Verfügung stehen. Es wird herausgestellt das Ladestrategien einen signifikanten Einfluss auf die nachgefragte Leistung haben. Die Autoren sehen auf Makroebene ein Modellverbesserungspotential durch die Einbindung eines komplexeren Abbildes des Fahrverhaltens. Auf Mikroebene wird ein Mehrwert durch die detaillierte Abbildung der räumlichen Verhältnisse gesehen.⁸⁷

Geschäftsmodelle und Wirtschaftlichkeit

Es gibt zahlreiche Simulationen in betriebswirtschaftlichen Zusammenhängen, die den Unternehmen dazu dienen ihre Geschäfts- und Produktionsabläufe zu optimieren. Eine Übersicht zu Simulationsanwendungen in überwiegend betriebswirtschaftlichen Kontexten gibt Böhnlein.⁸⁸ Beispielhaft sei die Dissertation von Sandrock genannt, in der er sich mit der Simulation von Geschäftsmodellen im E-Learning aus Unternehmenssicht mittels System Dynamics beschäftigt.⁸⁹ In dem vom Fraunhofer IAO geleiteten Projekt „Analyse von Wertschöpfungsarchitekturen, Kompetenz-/Ressourcenprofilen und Geschäftsmodellen“, das Teil des Projekts Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität ist, stellt der Aufbau einer Simulationsumgebung für Geschäftsmodelle für eine (teilweise) auf Elektromobilität basierende Automobilindustrie das Kernstück dar.⁹⁰ „Es wird das maßgebliche Ziel verfolgt, mit der Simulationsumgebung der Automobilindustrie, der Forschung und der Politik ein Instrument an die Hand zu geben, mit dem es möglich ist, Auswirkungen und Strategien zur Begegnung des beschriebenen disruptiven Wandels durch die aufkommende Elektromobilität zu ermitteln und zu testen, um die Voraussetzungen für eine starke deutsche Automobilindustrie auch im Zeitalter der Elektromobilität zu schaffen.“⁹¹

Das IKEM verfügt über ein interdisziplinäres Team aus den Bereichen Ökonomie, Naturwissenschaften, Geographie und Recht. Für das Modul Geschäftsmodelle und Wirtschaftlichkeit kann es auf die Erfahrungen und Vorarbeiten zweier laufender Projekte zurückgreifen. So ist das IKEM derzeit gemeinsam mit Fraunhofer IWES im Rahmen des durch das Bundesumweltministerium geförderte Projekt „Wissenschaftliche Unterstützung bei der Erstellung von fahrzeugbezogenen Analysen zur Netzintegration von Elektrofahrzeugen unter Nutzung erneuerbarer Energien“ dabei, alle verfügbaren nationalen und internationalen Forschungsprojekte im Bereich Netzintegration der Elektromobilität unter dem Aspekt der Geschäftsmodellrelevanz zu untersuchen, bisherige Bewertungsansätze auszuwerten und weiter zu entwickeln. Zudem analysiert das IKEM in einer Auftragsforschung für Siemens zum Thema „Geschäftsmodelle der Elektromobilität“ Geschäftsmodelle in verschiedenen Geschäftsfeldern wie Mobilitätsdienstleistungen, Ladeinfrastruktur und Straßenbenutzungsgebühren. Darüber hinaus verfügt das IKEM über umfangreiche rechtliche Expertise im Bereich Energie und Mobilität. Siehe dazu das Arbeitspaket Recht.

⁸⁵ Vgl. Nationale Plattform Elektromobilität: Zweiter Zwischenbericht der nationalen Plattform Elektromobilität sowie Anhang zum zweiten Zwischenbericht der nationalen Plattform Elektromobilität.

⁸⁶ Unter anderem wurde herausgefunden, dass bereits mit geringem Infrastrukturaufwand ein hoher Anteil elektrischer Mobilität erreicht werden kann und längere Ladezeiten unproblematisch sind, da die Fahrzeuge überwiegend in den Wohngebieten von 20 Uhr bis 6 Uhr parken und dann bequem an einer normalen Haushaltssteckdose geladen werden können. vgl. Universität Duisburg Essen (Hrsg.) (2011): Ergebnisse des CologneE-mobil Projekts; zitiert in: Vattenfall, Gesteuertes Laden V2.0, Seite 31 f.

⁸⁷ Fluhr, J.; Ahlert, K.-H.; Weinhardt, C.: A Stochastic Model for Simulating the Availability of Electric Vehicles to the Power Grid. Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Science (HICSS-43). (Hawaii, USA). 2010

⁸⁸ Böhnlein, Claus-Burkhard: Simulation in der Betriebswirtschaft, in: Mertins, K.; Rabe, M. (Hrsg.) Experiences from the Future - New Methods and Applications in Simulation for Production and Logistics, Fraunhofer IRB, 2004, S. 1-22.

⁸⁹ Sandrock, Jörg, System Dynamics in der strategischen Planung - Zur Gestaltung von Geschäftsmodellen im E-Learning, Diss. 2005.

⁹⁰ Fraunhofer-Gesellschaft: http://www.inkoop.iao.fraunhofer.de/projekte/fraunhofer_systemforschung_elektromobilitaet/, 2011, abgerufen am 14.01.2012.

⁹¹ Fraunhofer-Gesellschaft: http://www.inkoop.iao.fraunhofer.de/projekte/fraunhofer_systemforschung_elektromobilitaet/, 2011, abgerufen am 14.01.2012.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	24/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Das Problem der Beschreibung komplexer Multi-Skalen-Systeme ist eines der großen Themen und Herausforderungen moderner Wissenschaft, nicht nur in der Physik (z.B. im Bereich der Turbulenz und der Materialwissenschaften), sondern auch in anderen Disziplinen, etwa in der Klimaforschung oder der Biochemie. Die Computational Science Gruppe der Universität Greifswald hat ihre Wurzeln in Arbeiten zum Problem der Modellierung der Plasma-Wand-Wechselwirkung in magnetischen Fusionsplasmen. Die dort gewonnene Erfahrung in der Behandlung komplexer Systeme und die Entwicklung der dort benötigten numerischen Werkzeuge erlaubten eine breite Anwendung und Arbeiten in anderen Fachgebieten: von Materialwissenschaft (Wasserstofftransport in porösem Graphit) über Niedertemperaturplasmen (Ionenantriebe für die Raumfahrt; raum-zeitliche Dynamik in Hochfrequenzentladungen; Staubige Plasmen) und medizinischer Physik (MRT Analyse; Zahnbewegung bei Zahnspangen), sowie Sportphysik (Trajektorienanalyse im Tischtennis), bis hin zur Geophysik (Sedimenttransport in der Ostsee). Diese Expertise in Multi-Skalen-Modellierung ist ein wichtiger Beitrag zu diesem Antrag und stellt eine breite Palette an Methoden und Erfahrungen für dieses Projekt bereit.

Im Bereich Nutzerverhalten wird auf die Zusammenarbeit mit der TU Berlin, Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung und deren Expertise verwiesen. Für technische Fragestellungen wird auf die Erfahrungen und das Know-How von Siemens zurückgegriffen.

3.2.7 Stand der Wissenschaft zu Stakeholder- und Nutzeranalyse

In den vorangegangenen Pilotprojekten zum Elektroverkehr hat sich gezeigt, dass eine erfolgreiche Etablierung auf kommunaler Ebene die enge Zusammenarbeit der beteiligten Akteure erfordert. Die bisher einzige politikwissenschaftliche Studie wurde im Rahmen des Berliner e-mobility Projekts von der TUB durchgeführt.⁹²

Die ersten Ansätze der Erforschung der Nutzer von Elektroautos lässt sich bis in die 1990er Jahre zurückverfolgen (Knie et al. 1999). Damals wurde die Entwicklung von Elektroautos abgebrochen. Erst in den letzten zwei Jahren wurden neue Pilotprojekte gefördert, die allerdings in den wenigsten Fällen mit einer Nutzeranalyse verbunden waren. Die bisher umfangreichste und methodisch elaborierteste Studie wurde im Rahmen des Berliner e-Mobility Projekts von der TU Berlin durchgeführt.⁹³

Die „Multimodalen“ sind in aller Munde als die Avantgarde für eine neue postfossile (Elektro-) Mobilität. Dennoch gibt es bisher nur wenige Studien dazu. Während Nobis⁹⁴ erstmals die Multimodalen definierte und untersuchte beschäftigten sich Beckmann et al.⁹⁵ und Ahrens⁹⁶ weiter mit der Spezifizierung des multimodalen Verkehrsmittelnutzers. Die Zielgruppe wurde im Jahre 2006 deutschlandweit mit 3,2 Millionen Menschen angegeben.⁹⁷ In einem angedachten Gesamtprojekt gilt es die Zielgruppe nicht nur quantitativ für Berlin und Deutschland zu identifizieren, sondern auch qualitativ mehr über Verhaltenshintergründe, Einstellungen sowie Anforderungen an Verkehrsmittel und –systeme von Multimodalen zu erfahren. In der Studie werden erste Aspekte der Fragestellung beleuchtet.

Der Stand der Wissenschaft und Forschung bezüglich des analytischen Konstrukts von Geschäftsmodellen spiegelt sich vorrangig in der Literatur wieder.^{98 99 100 101 102}

⁹² Schwedes, O., Ahrend, Chr., Kettner, St., Tiedtke, B. (2011). Analyse der politischen Rahmenbedingungen. Teilprojekt der Technischen Universität Berlin „Analyse Nutzerverhalten und Raumplanung regionale Infrastruktur“, Projektleitung: Univ. Prof. Dr. Ing. Christine Ahrend. Im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft geförderten Projekts „IKT-basierte Integration der Elektromobilität in die Netzsysteme der Zukunft“, <http://www.tu-berlin.de/e-Mobility>.

⁹³ Ahrend, Schwedes et al (2011) Ergebnisbericht der Technischen Universität Berlin im Teilprojekt: Analyse Nutzerverhalten und Raumplanung regionaler Strukturen. Download: <http://www.tu-berlin.de/e-Mobility>.

⁹⁴ Nobis, C. (2007): Multimodality: Facets and Causes of Sustainable Mobility Behavior. German Aerospace Center – Institute of Transport Research. Berlin 2007.

⁹⁵ Beckmann, K.J., Chlond, B., Kuhnimhof, T., von der Ruhren, S., Zumkeller, D. (2006): Mul-timodale Verkehrsmittelnutzer im Alltagsverkehr. In: Internationales Verkehrswesen, Jg. 58, Heft 4/2006

⁹⁶ Ahrens, G.A. (2010): Interdependenzen zwischen Fahrrad- und ÖPNV-Nutzung – Analysen, Strategien und Maßnahmen einer integrierten Förderung in Städten. Dresden 2010.

⁹⁷ Maertins, C. (2006): Die Intermodalen Dienste der Bahn: Mehr Mobilität und weniger Verkehr? Wirkungen und Potenziale neuer Verkehrsdienstleistungen. WZB discussion paper SPIII 2006-101

⁹⁸ Kagermann, H. et al: Reinventing your Business Model, Harvard Business Review, Dezember 2008, S. 50-60

⁹⁹ Kagermann, H.; Oesterle, H.: Geschäftsmodelle 2010. Wie CEOs Unternehmen transformieren, Frankfurt am Main 2006

¹⁰⁰ Stähler, P.: Geschäftsmodelle in der digitalen Ökonomie, Köln 2002

¹⁰¹ Hendrix, Andreas, Geschäftsmodellinnovationen im Mobile Business: Entstehung und Gestaltungsmöglichkeiten, Kovač, Hamburg 2005

¹⁰² Eckhardt, Carl Friedrich, Marktchancen innovativer Verkehrsangebote für den Personenverkehr in Ballungsgebieten, Techn. Univ. Berlin, Diss., 2003

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	25/ 136
--	--	------------------------------------	--------------------

Zudem wurden bei der Forschungsförderung für Elektromobilität im Rahmen des Konjunkturpakets II Geschäftsmodelle explizit berücksichtigt (z.B. „Harz.EE-mobility“). Eine dezidierte Untersuchung von Geschäftsmodellen für neue (elektromobile) Mobilitätskonzepte in Städten ist nicht bekannt. Die in der Literatur vorfindbaren allgemeinen (theoretischen) Ansätze sowie die Ergebnisse aus einschlägigen Forschungsprojekten werden im Rahmen des Projektes aufgearbeitet und auf den Untersuchungsgegenstand angewendet.

Für den rechtlichen Bereich lässt sich feststellen, dass eine umfängliche Auseinandersetzung mit den Fragen, die ein umfassendes Mobilitätskonzept aufwirft, bereits aufgrund seiner Neuartigkeit bisher nicht erfolgt ist. Trotz der Begleitforschung zu den zahlreichen Förderprojekten im Bereich Elektromobilität und Netzintegration steht die juristische Diskussion zu diesen Themen noch weitgehend am Anfang. So hat insbesondere eine vollkommen unabhängige wissenschaftliche Diskussion von Fragen der Elektromobilität, insbesondere in der universitären Wissenschaft und ihren Veröffentlichungen, bisher nicht stattgefunden. Eine Rolle spielten Fragen der Elektromobilität bisher ausschließlich in der juristischen Aufsatzliteratur ausgesuchter Fachzeitschriften, insbesondere in der Zeitschrift für Neues Energierecht (ZNER) und der Energiewirtschaftliche Tagesfragen (et). Die Autoren der bisher veröffentlichten Artikel gehören fast ausnahmslos der sich zurzeit als Mobilitätsprovider etablierenden Industrieunternehmen (RWE), großen Anwaltskanzleien mit einschlägiger Mandantschaft (Raue LLP, Becker Büttner Held) oder Verbänden (Verband Kommunaler Unternehmen e. V.) an. Zudem konnte die neue Fassung des Energiewirtschaftsgesetzes vom 28.07.2011 in nahezu allen Beiträgen noch nicht berücksichtigt werden. Im Bereich des Datenschutzes- und des Datensicherheitsrechtes lässt sich an die Ergebnisse der Begleitforschung zu E-Energy und IKT für Elektromobilität anknüpfen.¹⁰³ Im Bereich der Normierung und Standardisierung liefert die deutsche Normungsroadmap E-Energy/ Smart Grid herausgegeben vom Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik e.V. (VDE) sowie die Nationale Plattform Elektromobilität wichtige Anknüpfungspunkte. Mit dem Bereich verkehrsträgerübergreifende Mobilität und Integration von Carsharing- und Fahrradverleihsystemen in den Personennahverkehr hat sich bisher am umfassendsten die Studie „Innovative Mobilität in Städten – Integration öffentlicher Fahrradverleihsysteme in den ÖPNV: Rechtliche und finanzielle Aspekte“, herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), auseinander gesetzt.¹⁰⁴ Wichtige Erkenntnisse in diesem Bereich, vor allem mit Blick auf die derzeitige Praxis, liefert zudem das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „ParkenBerlin“ der Förderinitiative Mobilität 21 des BMVBS.

Das im Rahmen dieser Studie zu entwickelnde Simulationswerkzeug ist im Querschnittsbereich von Stadtverkehrssimulationen, der Simulation rechtlicher und politischer Rahmenbedingungen sowie der Simulation verschiedener Geschäftsmodelle und ihrer Interaktion am Gesamtmarkt angesiedelt. Zudem sind die Themenfelder Elektromobilität, verkehrsträgerübergreifende Mobilität und Energie zentrale Bestandteile des Projektes. Für die geplante Untersuchung bieten u.a. die nachfolgend aufgeführten Studien wichtige Ansatzpunkte in methodischer Hinsicht, aber auch zur Ermittlung relevanter Eingangsdaten.

Es gibt zahlreiche Untersuchungen, die Stadtverkehrssimulationen zum Gegenstand haben. Verkehr lässt sich aufgrund immer leistungsstärkerer Informationsverarbeitungstechnik immer detaillierter und vernetzter modellieren. Daher werden in den letzten Jahren zunehmend neben den traditionellen Verkehrsmodellen (Vier-Stufen-Algorithmus) Multiagentensysteme zur Simulation genutzt. Ein Beispiel agentenbasierter Verkehrsmodelle ist das deutsch-schweizerische Forschungsprojekt Multi-Agent Transport Simulation (MATSim), welches an der ETH Zürich (Kay W. Axhausen) gemeinsam mit der TU Berlin (Kai Nagel) entwickelt wurde. Dabei sind Multiagentensysteme nicht auf die Verkehrssimulation beschränkt, sondern werden beispielsweise auch im sozial- und bevölkerungsgeographischen Kontext genutzt. MATSim kam zudem zur wirtschaftlichen Abschätzung und Fragen der Akzeptanz von Straßenbenutzungsgebühren^{105 106} sowie zur Optimierung des öffentlichen Verkehrs zum Einsatz.¹⁰⁷ Weitere Untersuchungen die den Effekt von Straßenbenutzungsgebühren mittels Simulation abzuschätzen versuchen sind z.B.^{108 109 110}

¹⁰³ von Raabe, Pallas, Weis, Lorenz, Boesche (Hrsg.): Datenschutz in Smart Grids, 2011

¹⁰⁴ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) Hrsg.: Innovative Mobilität in Städten – Integration öffentlicher Fahrradverleihsysteme in den ÖPNV: Rechtliche und finanzielle Aspekte, BMVBS-Online-Publikation, Nr. 14/2010.

¹⁰⁵ Kickhofer, B., Zilske, M., Nagel K. (2010): Income dependent economic evaluation and public acceptance of road user charging, 2010.

¹⁰⁶ Beuck, U., Rieser, M., Nagel, K. (2006): Multi-agent simulation used in a real world scenario on environmentally- oriented road pricing schemes, 2006).

¹⁰⁷ Neumann, A., Nagel, K. (2011): A Paratransit-Inspired Evolutionary Process for Public Transit Network Design, 2011.

¹⁰⁸ Washbrook et al. (2006): Estimating commuter mode choice: A discrete choice analysis of the impact of road pricing and parking charges. In: Transportation Vol. 33: 621-639.

¹⁰⁹ Hamdouch et al. (2007): Congestion Pricing for Multi Modal Transportation Systems. In: Transportation Research B, 41, 3: 275-291..

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	26/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Explizit mit der Simulation von Politikentscheidungen beschäftigt sich das Marktmodell Elektromobilität (MMEM) der ESMT - European School of Management and Technology Berlin.¹¹¹ Es soll als Entscheidungshilfe für die zukünftige politische Planung im Bereich Elektromobilität dienen, indem der Einfluss bestimmter Regulierungs- und Subventionsmaßnahmen politischer Entscheidungsträger mit Blick auf zukünftige Entwicklungen bewertet werden. Mit der Simulation von Gesetzesfolgen im Individualverkehr beschäftigt sich z.B. Meyer in seiner Dissertation.¹¹² Ein weiterer Ansatz der hier erwähnt sein soll, ist die Entwicklung eines Werkzeuges, das es erlaubt, die Energie, die für Verkehr benötigt wird in der Stadtplanung und Politik zu berücksichtigen.¹¹³ Im Bereich Elektromobilität sind zwei weitere aktuelle Arbeiten zu erwähnen, die sich zum einen mit der Integration von Elektrofahrzeugen in Car-Sharing Flotten beschäftigen und zum anderen mit der Integration von Elektrofahrzeugen und Erneuerbaren Energien in das Elektrizitätsnetz.^{114 115}

Schließlich wurden im Zusammenhang mit dem Ausbau der Erneuerbaren Energien und der Vorbereitung der Energiewende eine Reihe von Studien und Szenarien erarbeitet. Siehe dazu u.a.^{116 117}.

3.3 Zeitlicher Ablauf und Rahmenterminplan

Das Vorhaben hatte zum Ziel eine Konzeptstudie zu erstellen in Vorbereitung auf eine avisierte und noch zu definierende Hauptphase. Die Dauer für diese Konzeptphase war auf ein Jahr angelegt. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht der Plan- und Ist-Daten:

Tabelle 1: Plan- und Ist-Termine

Meilenstein	Plandatum ursprünglich	Plandatum neu	Istdatum / Forecast	Abweichung [Tage]	Bemerkungen
Projektstart	01.01.2013	01.01.2013	01.01.2013	0	
Kickoff mit Projektpartnern	18.01.2013	18.01.2013	18.01.2013	0	
Kickoff mit Projektträger und BMUB	22.02.2013	22.02.2013	22.02.2013	0	
Zwischenbericht	11.08.2013	11.08.2013	11.08.2013	0	
Projektende (inhaltliche Arbeiten)	31.12.2013	31.12.2013	30.04.2014	120	Verzug durch Ergebnis-Konsolidierung
Ergebnispräsentation für Projektträger und BMUB	22.01.2014	22.01.2014	22.01.2014	0	
Schlussbericht	30.06.2014	31.10.2014	03.09.2014	-58	
Verwendungsnachweis	30.06.2014	31.10.2014	03.09.2014	-58	
Veröffentlichung	30.09.2014	31.01.2015	31.01.2015	0	
Verwertungspflicht	31.12.2015	30.04.2016	30.04.2016	0	

Aufgrund eines absehbaren Terminverzuges bei der Konsolidierung der Ergebnisse wurde rechtzeitig eine Projektverlängerung beantragt (lt. Schreiben von Siemens vom 28.1.2014), die dann zeitnah vom Projektträger bewilligt wurde (lt. Schreiben vom Projektträger vom 14.2.2014).

3.4 Zusammenarbeit mit weiteren Akteuren

Neben den dedizierten Projektpartnern des Vorhabens war die Einbindung weiterer Akteure notwendig und sinnvoll. Insbesondere sind hier die VMZ Berlin Betreibergesellschaft und die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt zu nennen. Hier fand ein konstruktiver Austausch insbesondere zwischen der TU Berlin und Siemens Corporate Technology mit den zuvor genannten Akteuren statt.

¹¹⁰ Florian Harder (Diss. 2011): Straßenbenutzungsgebühren und nachhaltiger Stadtverkehr – eine agentenbasierte Mikrosimulation.

¹¹¹ ESMT Berlin (2011): Marktmodell Elektromobilität, Bericht Teil 1, Ansatz und Ergebnisse, Sept. 2011.

¹¹² Meyer, Grischa (2009): Analyse und technisch-ökonomische Bewertung von Gesetzesfolgen im Individualverkehr - dargestellt am Beispiel der Automobilindustrie Japans und Deutschlands, Diss., Berlin, 2009

¹¹³ Saundersa, J. M. et al (2006), Incorporating transport energy into urban planning, 2006.

¹¹⁴ Doll, C. et al., (2011): Integration von Elektrofahrzeugen in Carsharing- Flotten - Simulation anhand realer Fahrprofile, Karlsruhe 2011.

¹¹⁵ Kaschub, T. et al. 2011: Integration von Elektrofahrzeugen und Erneuerbaren Energien ins Elektrizitätsnetz – eine modellbasierte regionale Systemanalyse, 2011

¹¹⁶ Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung, Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS) im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, August 2010

¹¹⁷ Leitstudie 2010: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Eenergien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) und Ingenieurbüro für neue Energien (IfNE) im Auftrag des Bundesumweltministeriums

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	27/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------

4 Ergebnisse des Fördervorhabens

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus der Konzeptphase City2.e durch den jeweiligen Projektpartner / Unterauftragnehmer dargelegt.

4.1 Städtebauliche Integration (AP1) -> Albert Speer & Partner

4.1.1 Vorgaben

Im AP1 steht die städtebauliche Integration des Laternenparkens im Vordergrund. Bezüglich der Eigenarten des zukünftigen Laternenparkens wurden in Absprache und Diskussion mit den Partnern des Verbundprojektes City2.e einige Vorgaben entwickelt, die maßgeblich für die Konzeption und Gestaltung des Laternenparkens sind.

Als beispielhaftes Stadtquartier für die Betrachtung der städtebaulichen Integration wurde der Prenzlauer Berg in Berlin gewählt, da auch die Arbeiten der anderen AP's dort räumlich verortet sind. Der Prenzlauer Berg zeichnet sich durch eine hohe Dichte, einer jungen Bevölkerung und einem hohen Bildungsgrad aus. Weiterhin besteht eine Mischung aus Gastronomie, Einzelhandel, Kultur und mittelständigem Gewerbe. Der Prenzlauer Berg hat sich nach der Wende zu einem Szenenviertel entwickelt. Große Gebiete sind durch eine mittlerweile sanierte Gründerzeitbebauung geprägt.

Das Stadtquartier ist hervorragend durch den ÖPNV erschlossen. Trotzdem ist die Parkplatzsituation im öffentlichen Straßenraum sehr angespannt. Nach Erkenntnissen der TU Berlin (siehe AP2) sind die Einstellungen gegenüber dem Carsharing recht positiv.

In dieser städtebaulich anspruchsvollen Umgebung wäre eine klassische Lösung des Laternenparkens mittels in kurzen Abständen montierter Ladesäulen an der Bürgersteigkante kontraproduktiv. Zum einen wird derzeit in den Städten versucht die Anzahl von Einbauten im Straßenbild (Schilder, Parkscheinautomaten, Poller, etc.) so gering wie möglich zu halten, zum anderen stellen die von der Ladesäule zum Fahrzeug führenden Ladekabel ein Gefährdungspotential für den Gehwegnutzer dar.

Eine potentielle zukünftige Ladeinfrastruktur in einem solchen Stadtquartier, sowohl im öffentlichen als auch im halböffentlichen Raum, muss sich dynamisch an folgende Entwicklungen anpassen können:

- Die Nutzung von Elektrofahrzeugen wird mit der Zeit zunehmen,
- das zukünftige Mobilitätsverhalten wird den besitzgebundenen motorisierten Individualverkehr zunehmend durch Carsharing aber auch durch das Fahrrad/ Pedelec und eine Erhöhung des ÖPNV-Anteils ersetzen

Ziel dieses AP's ist somit die städtebauliche Integration der technischen Komponenten, unter der Berücksichtigung der zeitlichen, räumlichen und nutzungsbedingten Veränderungen, in das Stadtquartier.

4.1.2 Lösungsansatz Ladeinsel

Der Lösungsansatz für die städtebauliche Integration des Laternenparkens besteht in der Form von Ladeinseln. Sie konzentrieren Ladestationen an einem Ort, sind modulhaft aufgebaut und in ihrer Größe und Stellung im Straßenraum variabel (vgl. Abbildungen in diesem Abschnitt ff).

Sie können Lademöglichkeiten für elektrische stationsbasierte und nicht stationsbasierte Carsharing Fahrzeuge sowie elektrische Privatfahrzeuge bereitstellen. Ein flexibles Nutzungsmodul, in dem z.B. Nutzungen wie ein Kiosk, eine Eisdiele, eine Grillstation, ein öffentliches WC, eine Paketstation oder gesicherte Fahrradabstellanlagen untergebracht sind, kann einen Stellplatz einnehmen. So können die Ladeinseln auch als sozialer Treffpunkt im Quartier fungieren und unterliegen einer gewissen sozialen Kontrolle. Die Außenflächen des Nutzungsmoduls können auch als Werbeflächen genutzt werden.

Das Dach hat mehrere Funktionen. Es dient als Witterungsschutz, mit Solarzellen ausgestattet kann Strom erzeugt werden sofern der Standort dafür geeignet ist und es dient der Wiedererkennung eines solchen Ortes ähnlich wie Haltestellen im ÖPNV. Eine Überdachung des Gehweges sollte dann erfolgen, wenn eine überdachte Aufenthaltsfläche die Nutzung im Nutzungsmodul sinnvoll ergänzt. Eine wesentliche Funktion ist aber in der witterungs- und vandalismusgeschützten Unterbringung der Technik und deren Verteilung zu sehen. So kann auch das Ladekabel dort untergebracht und zum Laden von oben heruntergezogen werden. Auch Beleuchtung und Sensoren zur Belegung der Ladeplätze können kostengünstig und sicher unter dem Dach angebracht werden.

Optional kann auch ein doppelter Boden vorgesehen werden um später evtl. induktive Lademöglichkeiten zu installieren. Die Ladesäulen und deren Bedienung inklusive einer Anzeige zum Ladezustand können in den Stützen des Daches untergebracht werden.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	28/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Im Folgenden wurden unterschiedliche Module entwickelt. Diese variieren in der Anzahl der angebotenen Stellplätze, der Ausrichtung (Längs- bzw. Querparker) und in der Form (Laternenparker).

In Abbildung 3 bis Abbildung 4 sind am Beispiel eines 6er Moduls die Bemaßungen dargestellt.

In Abbildung 5 bis Abbildung 7 ist das 6er-Modul in unterschiedlichen Perspektiven und Schnitten dargestellt. Hier handelt es sich um maximal 6 Stellplätze (ohne Nutzungsmodul) die längs zur Fahrtrichtung, in einem Bereich in dem vorher Querparker standen, angeordnet sind. Sie werden längs zur Fahrtrichtung angefahren. Die zwei unteren Stellplätze ragen ungefähr hälftig in den Straßenraum und verengen somit die durchgehende Fahrbahn auf einem kurzen Abschnitt. Dies ist gewollt, um den Verkehr an dieser Stelle bewusst zu verlangsamen. Je nach Anzahl der genutzten Stellplätze des Moduls sowie der vorherigen Situation ist mit einem Wegfall von ca. 1-3 Stellplätzen zu rechnen.

In Abbildung 8 bis Abbildung 10 ist das 4er Modul in unterschiedlichen Perspektiven und Schnitten dargestellt. Hier handelt es sich um maximal 4 Stellplätze (ohne Nutzungsmodul) die längs zur Fahrtrichtung, in einem Bereich in dem vorher Querparker standen, angeordnet sind. Sie werden längs zur Fahrtrichtung angefahren. Die durchgehende Fahrbahn wird nicht verengt. Je nach Anzahl der genutzten Stellplätze des Moduls sowie der vorherigen Situation ist mit einem Wegfall von ca. 2-6 Stellplätzen zu rechnen.

In Abbildung 11 bis Abbildung 13 ist ein anderes 4er Modul in unterschiedlichen Perspektiven und Schnitten dargestellt. Hier handelt es sich um maximal 4 Stellplätze (ohne Nutzungsmodul) die quer zur Fahrtrichtung, in einem Bereich in dem vorher Querparker standen, angeordnet sind. Sie werden quer zur Fahrtrichtung angefahren. Die durchgehende Fahrbahn wird nicht verengt. Je nach Anzahl der genutzten Stellplätze des Moduls sowie der vorherigen Situation ist mit einem Wegfall von maximal einem Stellplatz zu rechnen.

In Abbildung 14 bis Abbildung 16 ist ein 2er Laternenparkermodule in unterschiedlichen Perspektiven und Schnitten dargestellt. Hier handelt es sich um 2 Stellplätze (ohne Nutzungsmodul) die längs zur Fahrtrichtung, in einem Bereich in dem vorher Längsparker standen, angeordnet sind. Sie werden längs zur Fahrtrichtung angefahren. Die durchgehende Fahrbahn wird nicht verengt. Es findet kein Wegfall von Stellplätzen statt. Die Dachkonstruktion ist unabhängig von der Laterne um die Statik der Laterne nicht zu beeinflussen. Auch hier kann die Ladetechnik in der Konstruktion untergebracht werden und das Ladekabel von oben zugeführt werden.

Diese modulhafte Vorgehensweise ermöglicht ein angepasstes Vorgehen an die jeweilige Situation im Straßenraum. Die Module können auch weiter variiert werden. Die Anzahl der Module im Straßenraum kann flexibel sukzessive mit der Nachfrage wachsen.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	29/ 136
---	---------------------------------------	------------------------------------	------------

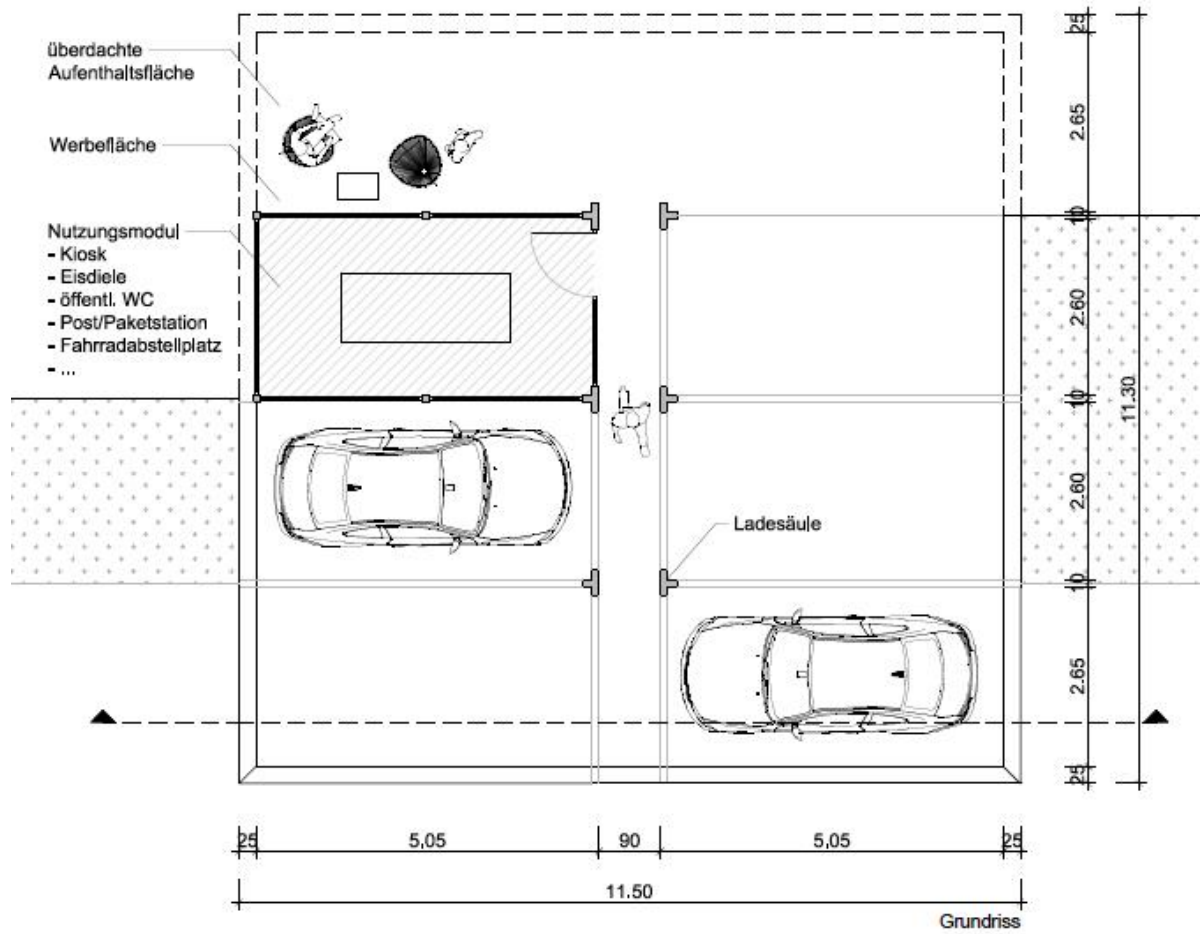


Abbildung 3: Grundriss 6er-Modul

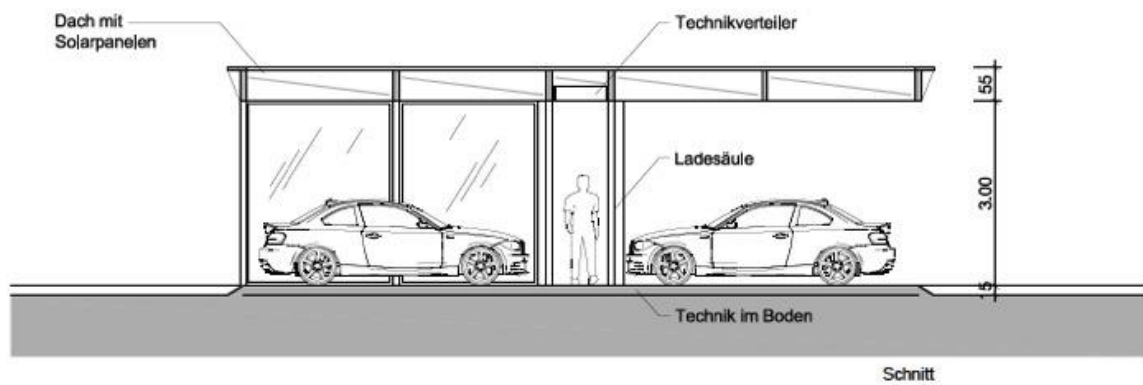


Abbildung 4: Seitenansicht 6er-Modul

<p>Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM1079</p>	<p>Version: 1.0 vom 03.09.2014</p>	<p>30/ 136</p>
--	--	---	-----------------------------



Abbildung 5: Perspektive 6er-Modul

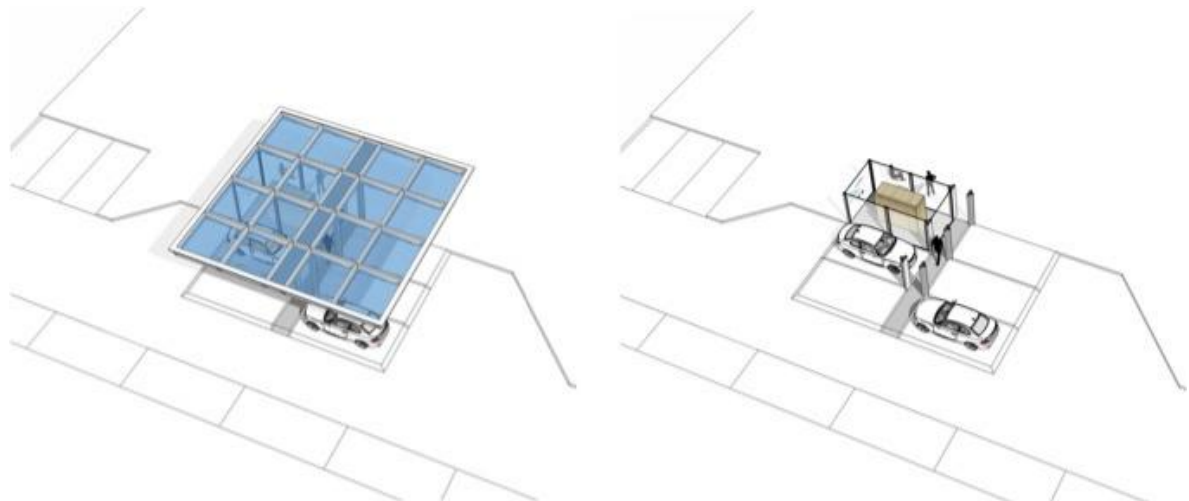


Abbildung 6: Vogelperspektiven 6er-Modul

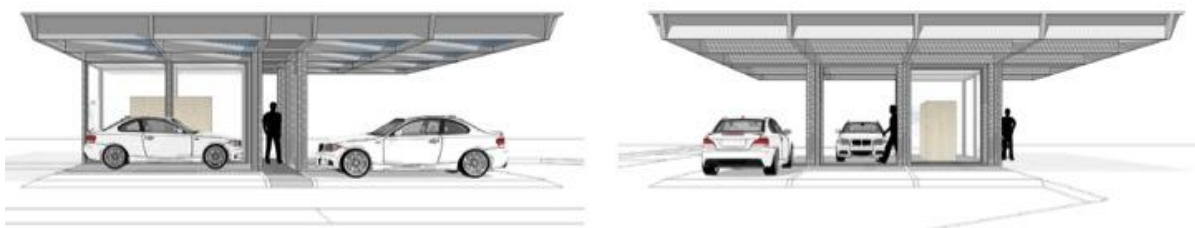


Abbildung 7: Seitenansichten 6er-Modul



Abbildung 8: Perspektive 4er-Modul Längsparker

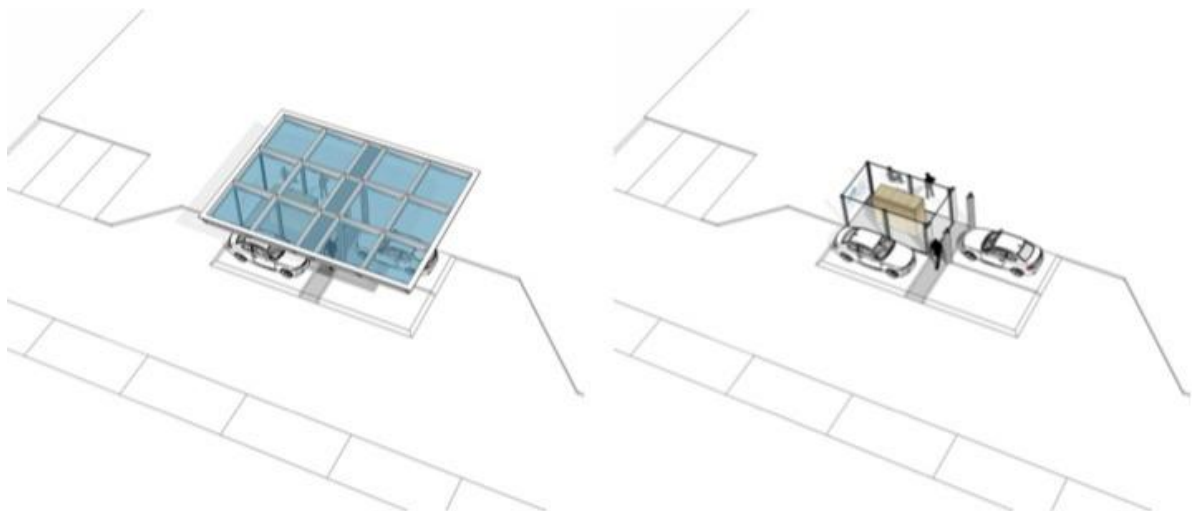


Abbildung 9: Vogelperspektiven 4er-Modul Längsparker

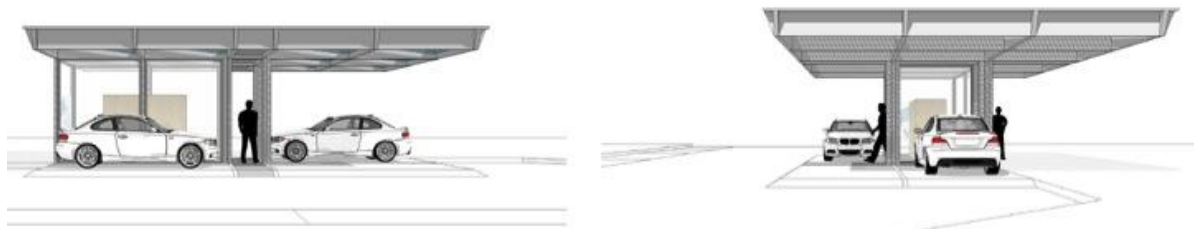


Abbildung 10: Seitenansichten 4er-Modul Längsparker



Abbildung 11: Perspektive 4er-Modul Senkrechtparker

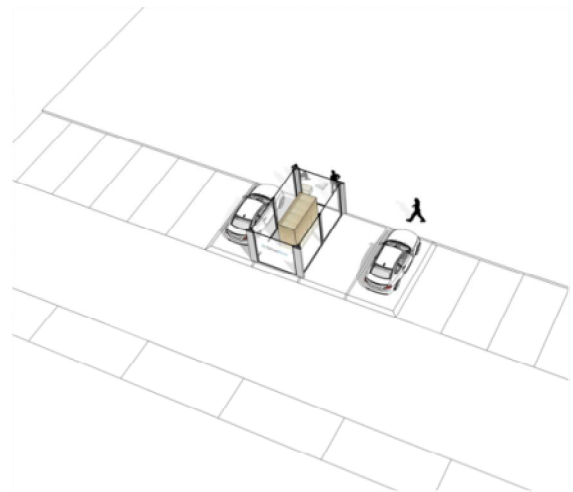
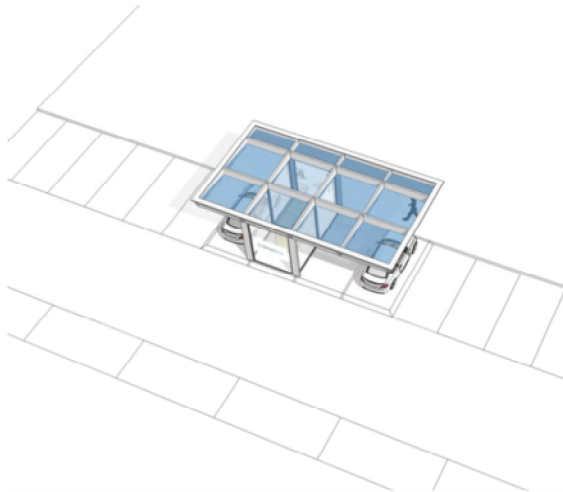


Abbildung 12: Vogelperspektiven 4er-Modul Senkrechtparker



Abbildung 13: Seitenansichten 4er-Modul Senkrechtparker



Abbildung 14: Perspektive 2er-Laternenparker

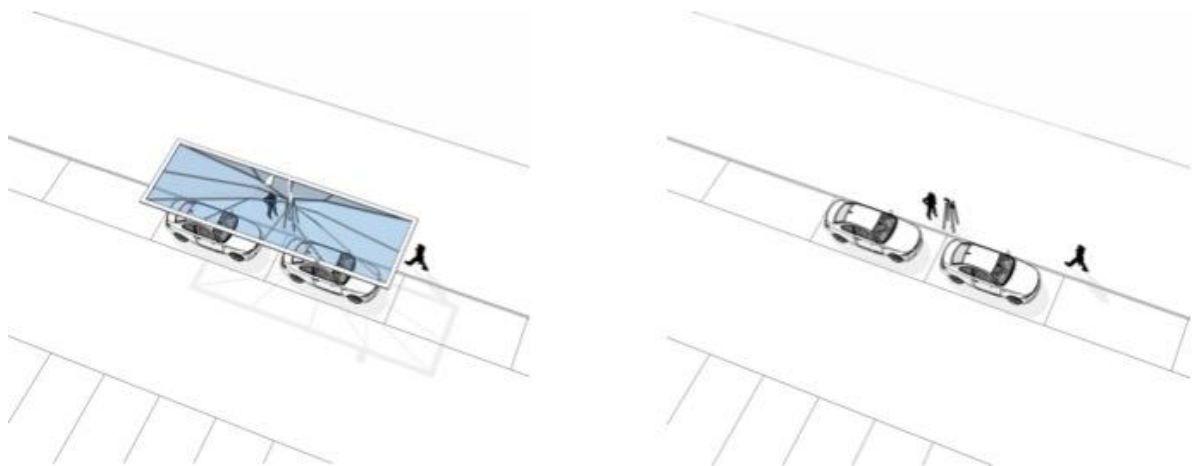


Abbildung 15: Vogelperspektiven 2er-Laternenparker

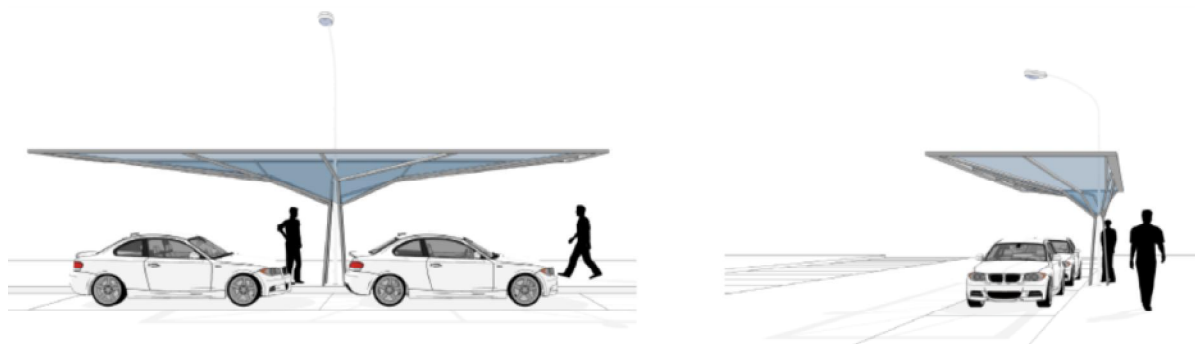


Abbildung 16: Seitenansichten 2er-Laternenparker

4.1.3 Ladeinseln im städtischen Raum

Im Folgenden wurde beispielhaft für Bereiche mit anliegender Gastronomie, mit anliegender Einkaufsmöglichkeit und einem Bereich in dem ausschließlich Wohnen stattfindet dargestellt, wie sich die Ladeinseln städtebaulich integrieren lassen.

Für den Bereich mit anliegender Gastronomie wurde die Parkseite zum Leisepark in der Heinrich-Roller-Straße ausgewählt. Hier wurde ein 4er Modul als Längsparker gewählt und als 3D Handskizze dargestellt (Abbildung 19). Für das Nutzungsmodul würde sich am Parkeingang z.B. ein kleiner Kiosk anbieten.

Für den Bereich reines Wohnen wurde die Lottumstraße zwischen Chorinerstraße und Christinenstraße ausgewählt. Für die nördliche Seite wurde ein 4er Modul als Senkrechtparker (Abbildung 21) und für die südliche Seite ein 2er Laternenparker (Abbildung 22) gewählt und als 3D Handskizze dargestellt. Für das Nutzungsmodul würden sich hier z.B. gesicherte Fahrradabstellanlagen anbieten.

Für den Bereich Einkaufen wurde die Westseite der Templiner Straße vor dem dort befindlichen Lebensmittelmarkt ausgewählt. Hier wurde ein 6er Modul als Längsparker gewählt und photorealistisch mit unterschiedlichen Dachmaterialien (Holz und Stahl) dargestellt (Abbildung 24 bis Abbildung 26). Für das Nutzungsmodul würde sich hier z.B. eine Grillstation anbieten. Durch Einengung der Straße im Bereich der Ladeinsel wird der Verkehr verlangsamt und die Sicherheit erhöht.

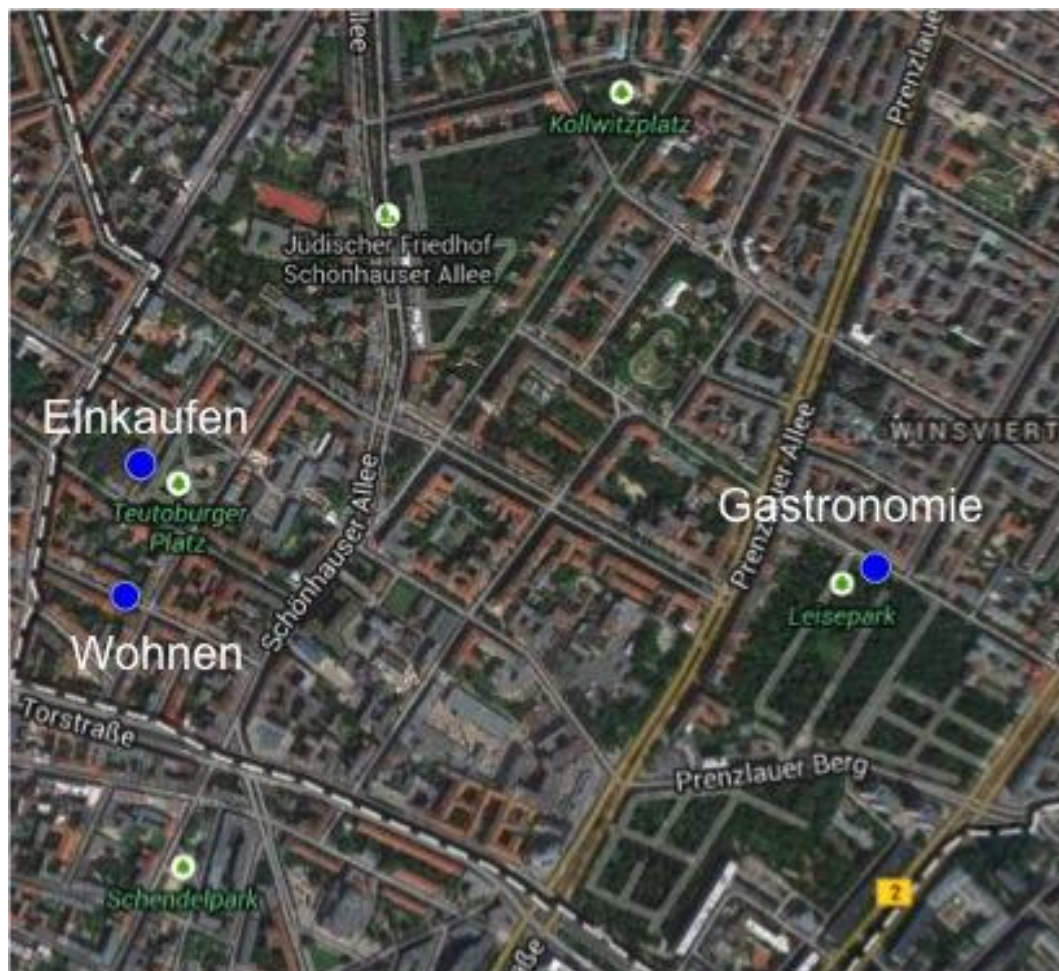


Abbildung 17: Standorte Ladeinseln

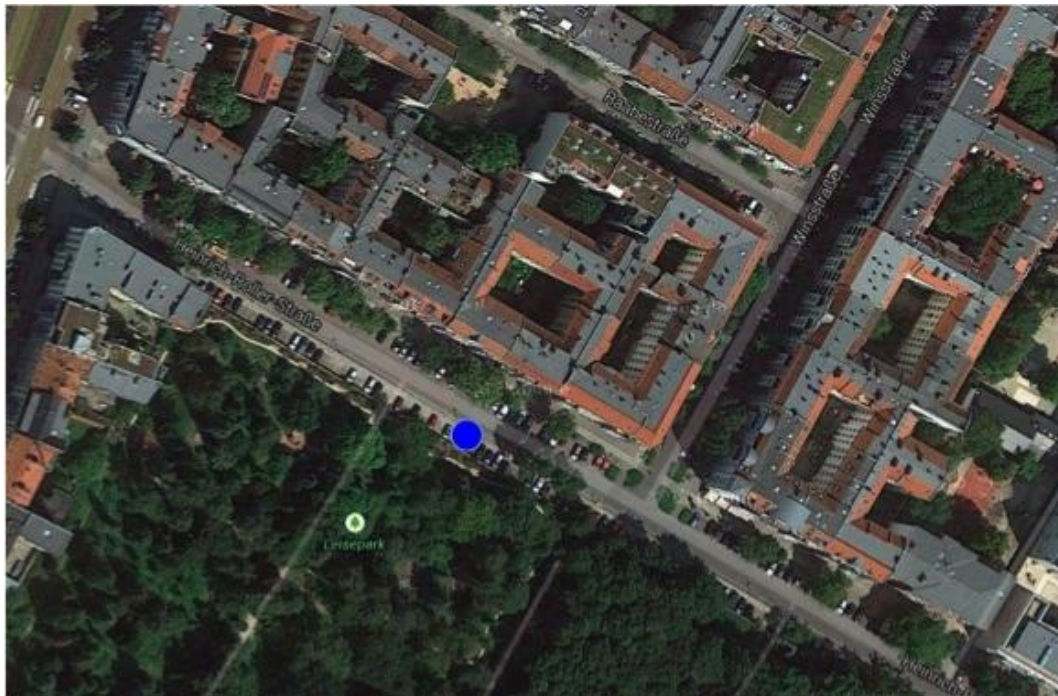


Abbildung 18: Standort Ladeinsel Bereich Gastronomienutzung

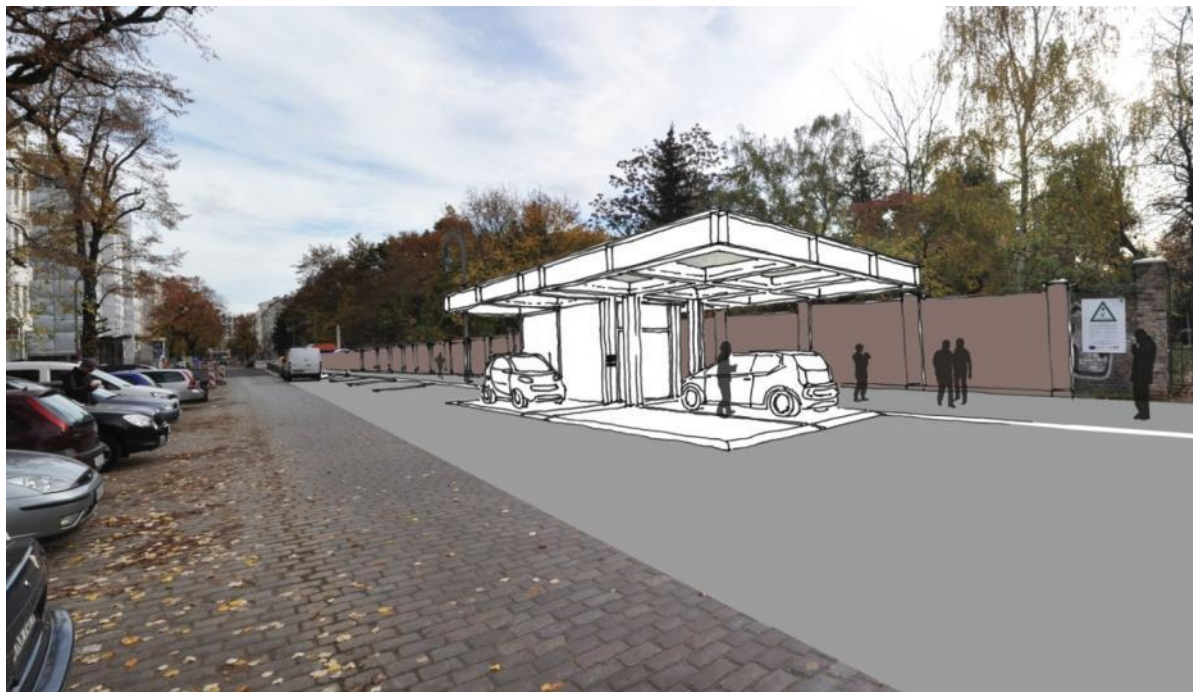


Abbildung 19: 3D Skizze 4er-Ladeinsel Längsparker Bereich Gastronomie

<p>Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM1079</p>	<p>Version: 1.0 vom 03.09.2014</p>	<p>36/ 136</p>
--	--	---	-----------------------------

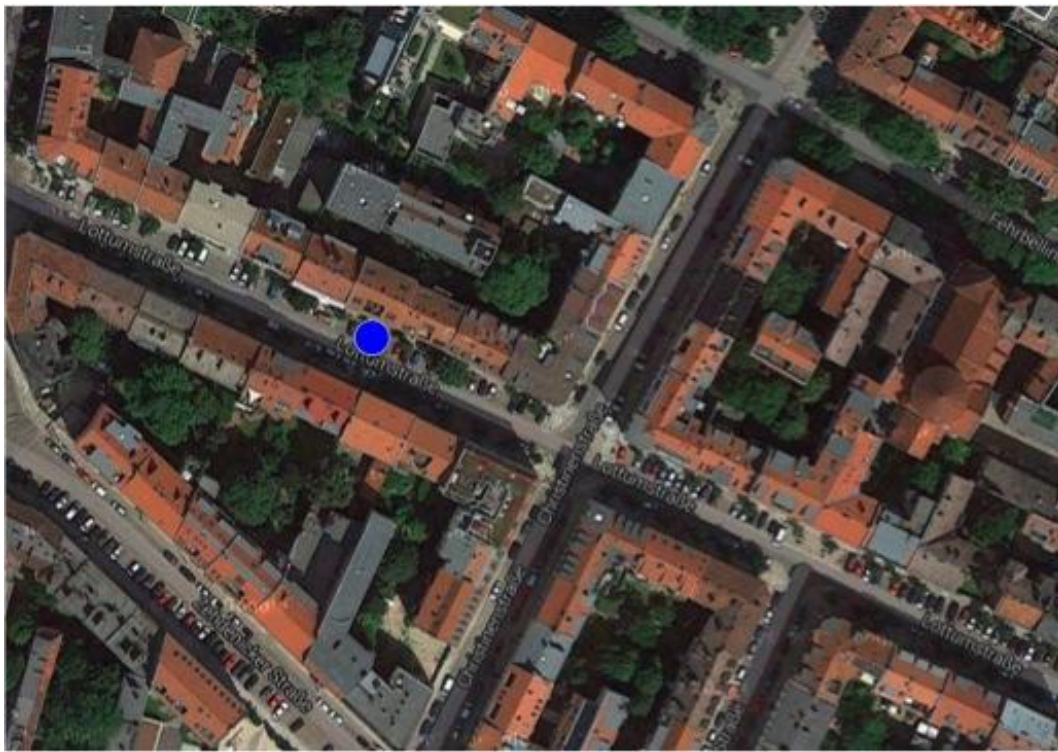


Abbildung 20: Standort Ladeinsel Bereich Wohnungsnutzung

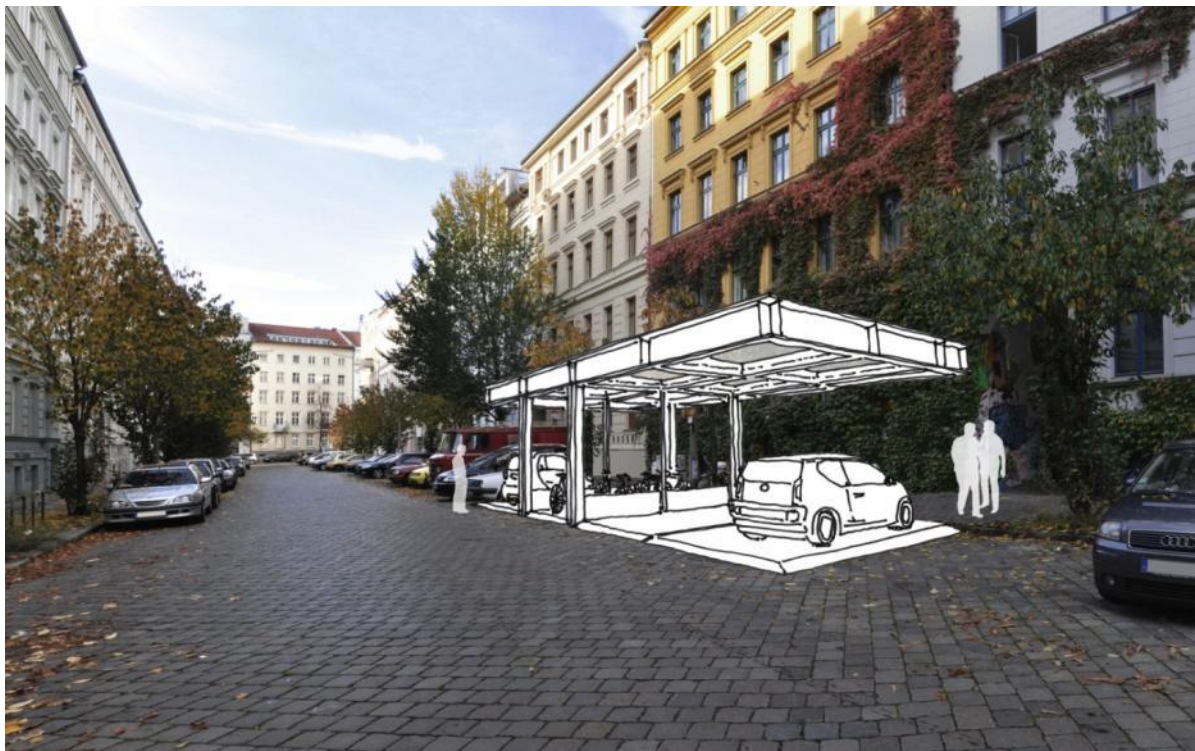


Abbildung 21: 3D Skizze 4er-Ladeinsel Senkrechtparker Bereich Wohnnutzung

<p>Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM1079</p>	<p>Version: 1.0 vom 03.09.2014</p>	<p>37/ 136</p>
--	--	---	-----------------------------

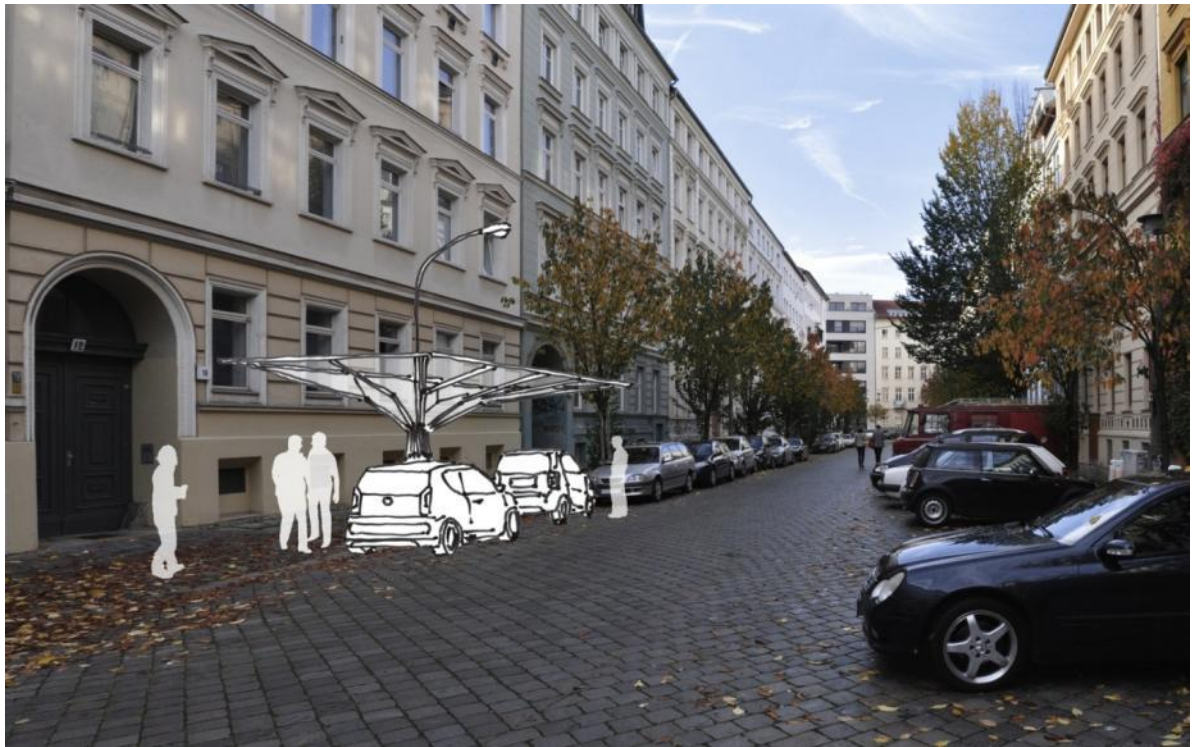


Abbildung 22: 3D Skizze 2er-Laternenparker Bereich Wohnnutzung

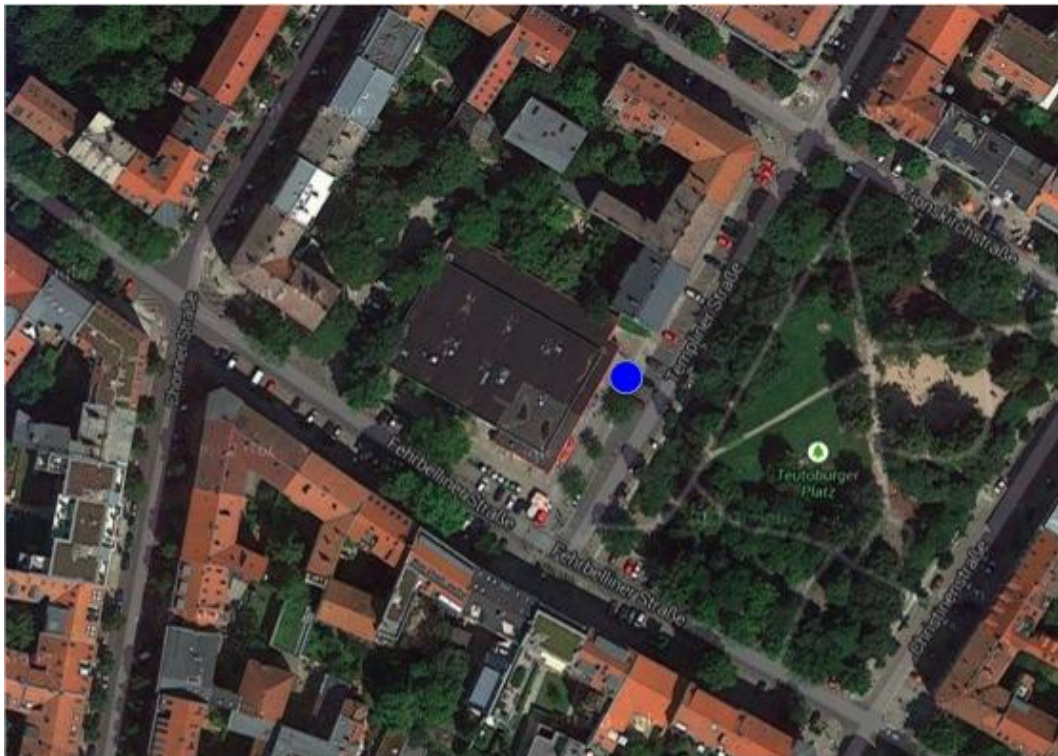


Abbildung 23: Bereich Einkaufen

<p>Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM1079</p>	<p>Version: 1.0 vom 03.09.2014</p>	<p>38/ 136</p>
--	--	---	-----------------------------



Abbildung 24: photorealistische Darstellung 6er-Ladeinsel mit Blick von der Straße, Variante Holzdach im Bereich Einkaufen



Abbildung 25: photorealistische Darstellung 6er-Ladeinsel mit Blick vom Bürgersteig, Variante Holzdach im Bereich Einkaufen

<p>Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM1079</p>	<p>Version: 1.0 vom 03.09.2014</p>	<p>39/ 136</p>
--	--	---	-----------------------------



Abbildung 26: photorealistische Darstellung 6er-Ladeinsel mit Blick vom Bürgersteig, Variante Stahldach im Bereich Einkaufen

4.1.4 Kostenschätzung Ladeinseln

Für das 6er Modul, das 4er Modul für Längsparker und das 4er Modul für Senkrechtparker wurde eine erste grobe Kostenschätzung für die reinen Baukosten incl. Solardach durchgeführt. Kosten für die Ladetechnik und den Innenausbau des Nutzungsmodus sind nicht enthalten, da diese sehr stark von der gewählten Ladetechnik und der Art des Nutzungsmoduls abhängig sind. Diesen Kosten stehen potentielle Einnahmen durch die Vermietung der Stellplätze, Pacht für das Nutzungsmodul und Werbeeinnahmen sowie eine eventuelle Stromgewinnung gegenüber.

Tabelle 2: Kostenschätzung Ladeinseln (modellhaft / exemplarisch)

Kostenschätzung Ladeinsel	6er Modul 5 PKW - 130 qm	4er Modul längs 3 PKW - 95 qm	4er Modul quer 3 PKW - 70 qm
Stahlkonstruktion inkl. Dachentwässerung	45.000,00 €	35.000,00 €	30.000,00 €
Beschichtung	5.000,00 €	4.000,00 €	3.500,00 €
Glasdach (130€/qm)	17.000,00 €	12.500,00 €	9.000,00 €
Nutzungsmodul Isolierverglasung (270€/qm)	15.000,00 €	15.000,00 €	15.000,00 €
Bodenarbeit /Fundament	25.000,00 €	20.000,00 €	15.000,00 €
Summe Stahlbau	107.000,00 €	86.500,00 €	72.500,00 €
Summe Holzbau	96.300,00 €	77.850,00 €	65.250,00 €
Transparentes Solardach (560€/qm)	73.000,00 €	53.000,00 €	40.000,00 €
Summe Stahlbau	163.000,00 €	127.000,00 €	103.500,00 €
Summe Holzbau	146.700,00 €	114.300,00 €	93.150,00 €

4.2 Nutzungskonzept und Akzeptanzanalysen (AP2) -> TU Berlin – IVP

4.2.1 Arbeitspaketbeschreibung

Im Arbeitspaket Nutzer- und Akzeptanzanalyse wurde vom Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung der TU Berlin eine umfangreiche Nutzeranalyse durchgeführt, die im Rahmen des Projektes „City2.e“ der

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	40/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------

Untersuchung des Verkehrs- und Mobilitätsverhaltens¹¹⁸ von sogenannten „Laternenparkern“¹¹⁹ dient. Dabei werden deren Einstellungen, Nutzungsmotive und Mobilitätsorganisation bei der Verkehrsmittelnutzung betrachtet, um ein differenziertes Bild über die Strategien dieser Gruppe bezüglich der Gestaltung ihrer Mobilität und der damit zusammenhängenden Einflussfaktoren zu erhalten. Die Betrachtung konzentriert sich hierbei auf ein räumlich abgegrenztes Untersuchungsgebiet im Berliner Stadtteil Prenzlauer Berg, das als hochverdichteter innerstädtischer Raum exemplarisch für viele Innenstädte Deutschlands steht.

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes werden zwei Ziele verfolgt:

Das erste Ziel ist die Ermittlung von Grundlagen für attraktive Verkehrskonzepte, die eine Mobilität ohne ein eigenes, privates Auto ermöglichen, um so Anreizstrukturen und Handlungsoptionen zielgerichtet gestalten zu können. Dieses Ziel basiert auf der Vermutung, dass ein Teil der „Laternenparker“ in urbanen Zentren das Auto bzw. den Stellplatz nur „hält“ und häufig auf andere Verkehrsmittel wie das Fahrrad und den öffentlichen Verkehr zurückgreift.

Das zweite Ziel ist es, bei einer angenommenen Zunahme von Elektroverkehr im Untersuchungsgebiet aus dem aktuellen Verkehrs- und Mobilitätsverhalten und den derzeitigen Nutzungsmotiven der „Laternenparker“ die zukünftigen Anforderungen an eine dann notwendige Ladeinfrastruktur für private Elektroautos abzuleiten. Diesem zweiten Ziel liegt die Annahme zugrunde, dass ein Teil der „Laternenparker“ auch in Zukunft auf das private Auto angewiesen sein wird oder dieses zumindest nicht abschaffen möchte.

Der zentrale Ansatz, um diese zwei Ziele zu erreichen, besteht darin, Motive, Rahmenbedingungen und Potentiale für die Bereitschaft zur Abschaffung des eigenen Autos innerhalb der Gruppe der „Laternenparker“ (LP) zu analysieren. Zur Bestimmung der Optionen, die sich durch multimodales Verkehrsverhalten für LP ergeben, wurde eine Kontrastgruppe herangezogen, die „Multimodalen ohne Auto“ (MoA). Multimodalität kann im Kontext von Personenverkehr als ein Verkehrsverhalten definiert werden, welches sich durch die Nutzung von mehr als einem Verkehrsmittel innerhalb einer Woche auszeichnet (Nobis 2007).¹²⁰ Sie gestalten bereits heute ihre Alltagsmobilität ohne eigenes Auto und können daher wichtige Hinweise für Maßnahmen und Rahmenbedingungen einer alternativen Verkehrsmittelwahlentscheidung liefern.

Bei dem vorliegenden Dokument handelt es sich um die Kurzfassung des Abschlussberichts. Eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse des Arbeitspakets 2 steht als Download auf der Website des Fachgebiets Integrierte Verkehrsplanung unter <http://www.ivp.tu-berlin.de> im Bereich „Forschung“ zur Verfügung.

4.2.2 Forschungsfrage und Methodik

Das Arbeitspaket hat die folgende Forschungsfrage verfolgt: Wie erfüllen die LP und die Kontrastgruppe der MoA ihre spezifischen Mobilitätsanforderungen und welche Nutzungsstrategien und Rahmenbedingungen bieten Potentiale, um den Übergang zu einem multimodalen Verhalten ohne eigenes Auto zu fördern?

Am Anfang des Projektes und als Basis für die Ausgestaltung der qualitativen Untersuchung von LP und ihrer Kontrastgruppe (MoA), stand eine Literaturrecherche zu den relevanten Themen Autonutzung, Parken, Ladepräferenzen, Verkehrsmittelnutzung und Multimodalität. Anschließend wurde eine Auswertung quantitativer Verkehrserhebungen durchgeführt.

Hierzu wurde einerseits auf den Datensatz „System repräsentativer Verkehrsverhaltensbefragungen“ (SrV 2008) zurückgegriffen.¹²¹ Dabei handelt es sich um eine Querschnitts-Erhebung, die im Abstand von ca. fünf Jahren durchgeführt wird und bei der in mehreren Städten in Deutschland (u.a. in Berlin) Haushalte und ihre Bewohner zu ihrem Verkehrsverhalten an einem bestimmten Stichtag befragt werden. Zusätzlich wurde der Datensatz „Mobilität in Deutschland – MiD 2008“ ausgewertet. Diese Erhebung, die in mehrjährigen Abständen durchgeführt wird, erlaubt Aussagen über längerfristiges Verkehrsverhalten über einen Stichtag

¹¹⁸ Verkehr bezieht sich auf die auf die Fortbewegung in der physischen Umwelt. Verkehrsverhalten wird daher definiert als „die von Menschen unbewusst (wert-, sinn-, ziel- oder zweckorientiert) ausgeführten Ortsveränderungen bzw. Aktivitäten mit unmittelbarem Zusammenhang zu den Ortsveränderungen von Personen und Gütern“ (Ahrend et al. 2013, S. 7). Mobilität bezieht sich auf den wahrgenommenen Möglichkeitsraum sich fortzubewegen. Mobilitätsverhalten wird daher definiert als „die von Menschen unbewusst (wert-, sinn-, ziel- oder zweckorientiert) antizipierten Ortsveränderungen bzw. Aktivitäten mit unmittelbarem Zusammenhang zu den Ortsveränderungen von Personen und Gütern“ (Ahrend et al. 2013, S. 7).

¹¹⁹ Als LP wurden diejenigen Personen des Untersuchungsgebietes definiert, die in ihrem Haushalt Zugriff auf ein eigenes Auto haben, über 18 Jahre sind und nicht über einen eigenen Stellplatz für ihr Auto verfügen, sondern dieses im öffentlichen Straßenraum parken. Im Folgenden LP.

¹²⁰ Dabei wird das zu Fuß gehen nicht mitgezählt.

¹²¹ Die Ergebnisse wurden auf Grundlage eigener Auswertungen auf Basis von „Mobilität in Städten – SrV 2008“, Stichprobe Berlin, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, Abteilung Verkehr, erstellt.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	41/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------

hinaus.¹²² Im Gegensatz zur SrV 2008 können mit der MiD jedoch keine Aussagen auf Bezirksebene gemacht werden.

Die Sekundäranalyse diente einer ersten Charakterisierung der LP anhand des verfügbaren statistischen Materials und der Ableitung offener Fragen, die in der anschließenden qualitativen Auswertung beantwortet werden sollten.

Im Rahmen des qualitativen Forschungsdesigns wurden 60 problemzentrierte, leitfadengestützte Einzelinterviews durchgeführt. Dies erfolgte in zwei Untersuchungsgruppen von jeweils 30 Probanden, die zum einen aus der Gruppe der LP und zum anderen aus der Gruppe der MoA rekrutiert wurden. Ziel der qualitativen Analyse war es, spezifische Mobilitätsanforderungen der heterogenen Zielgruppe der LP zu identifizieren und zu verstehen. Im Vergleich mit der MoA-Kontrastgruppe wurden durch das Aufzeigen der weiteren Handlungsoptionen die Erkenntnisse über die Anforderungen der LP vervollständigt.

Die qualitative Auswertung basiert auf einer Inhaltsanalyse des umfangreichen Interviewmaterials. Der Interviewleitfaden wurde auf Grundlage der Forschungskennnisse der Literaturrecherche entwickelt. Er berücksichtigt Fragestellungen zu Einstellungen und Motiven der Verkehrsmittelnutzung, zur Mobilitätsorganisation im Alltag und zu denkbaren Verhaltensänderungen der Untersuchungsgruppen. Die Interviews wurden im Zeitraum von Juni bis August 2013 durchgeführt. Das in diesem Zusammenhang erhobene Material wurde thematisch nach Hopf kodiert (Kuckartz 2010). Die Fragestellungen wurden für die Auswertung aus der Literaturanalyse abgeleitet und während der Auswertung weiter ausdifferenziert. Die Auswertung liefert aggregierte Erkenntnisse zu der jeweiligen Fragestellung und zu Bezügen zwischen den Erkenntnissen. Diese Bezüge lassen vergleichende Betrachtung der LP und MoA zu und eröffnen neue Sichtweisen auf notwendige Rahmenbedingungen einer alternativen Verkehrsmittelwahlentscheidung. Aus der aktuellen Verkehrsmittelnutzung sowie der Einstellung gegenüber alternativen Nutzungskonzepten und der Bereitschaft der LP das Auto abzuschaffen oder weniger einzusetzen, wurde eine erste Gruppierung der LP gebildet. Dies unterstützt die Formulierung von Maßnahmen und Anforderungen für spezifische Zielgruppen, um die Effizienz der Maßnahmen zu erhöhen (Bamberg 2013).

4.2.3 Untersuchungsgebiet Prenzlauer Berg

Das Untersuchungsgebiet Prenzlauer Berg bildet den südlichen Teil des Berliner Stadtbezirks Pankow. Die Einwohnerzahl liegt bei 148.878 Menschen und die Einwohnerdichte ist mit 13.534 EW/m² (Stand: 31.12.2011, Statistikamt Berlin-Brandenburg) eine der höchsten in Berlin. Der Entwicklungsindex¹²³ von Prenzlauer Berg lag 2010 laut „Monitoring Soziale Stadt“ auf einem mittleren Niveau.

Das Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln ist im Prenzlauer Berg vielseitig. Durch den öffentlichen Schienennahverkehr ist das Untersuchgebiet wie folgt erschlossen: Im nördlichen Teil gibt es eine Anbindung über die S-Bahnlinien S41/S42, S8 und S9. Westlich quert die U-Bahnlinie U2 von Nord nach Süd. Zusammen mit zehn Straßenbahnlinien bildet sich im Prenzlauer Berg ein dichtes Schienennetz. Zusätzlich erschließen drei Buslinien den Osten und den Norden des Untersuchungsgebiets (siehe 10.2.3 Anlage 3).

Alle in Berlin aktiven stationsgebundenen und stationsungebundenen Carsharing-Unternehmen sind in Prenzlauer Berg mit Fahrzeugen präsent, darunter car2go, DriveNow, DB Flinkster, Multicity und stadtmobil. Darüber hinaus sind Bikesharing-Angebote im Stadtteil verfügbar.

Im Jahr 2010 wurde im südlichen Teil des Untersuchungsgebiets eine Parkraumbewirtschaftung eingeführt, die im April 2013 um zwei Zonen erweitert wurde.¹²⁴ Die Einwohner können für eine Gebühr von 20,40€ eine Parkvignette für ihre Parkzone erwerben, die für zwei Jahre gültig ist (siehe 10.2.4 Anlage 4).

4.2.4 Sekundäranalyse

Im Rahmen des Projekts City2.e wurde eine Sekundäranalyse zur Alltagsmobilität einerseits der LP in Prenzlauer Berg (Datenquelle SrV 2008) durchgeführt, andererseits wurden die MoA auf Berlinenebene (Datenquelle MiD 2008) untersucht.¹²⁵ Diese Betrachtungen dienten weniger dem Vergleich der beiden Gruppen, als vielmehr einer unabhängigen Charakterisierung der beiden Gruppen. Die Kernergebnisse zur

¹²² Ähnliche Umfragen fanden bereits 1976, 1982 und 1989 unter dem Namen "KONTIV" (Kontinuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten) statt. Die erste MiD-Erhebung wurde 2002 durchgeführt.

¹²³ Der Entwicklungsindex Soziale Stadtentwicklung wird aus der Summierung des Status- und des Dynamik-Index ermittelt. Ein hoher Wert beim Entwicklungsindex entspricht einer hohen Problemdichte. Zum Statusindex gehören Indikatoren wie Arbeitslosigkeit oder Anteil ausländischer Jugendliche unter 18 Jahren, zum Dynamik Index zählen Wanderungsvolumen der Einwohner und Einwohnerinnen oder Anteil deutscher Existenzsicherungsempfänger. (Dohnke 2008, S. 7-12)

¹²⁴ Der überwiegende Anteil der Befragten lebt in einer parkraumbewirtschafteten Zone.

¹²⁵ Wie in Kap. 4.2.2 dargestellt, ist es nicht möglich, Multimodalität auf Bezirksebene zu untersuchen.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	42/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

soziodemographischen Charakterisierung und zum Verkehrsverhalten der beiden Gruppen werden im Folgenden zusammengefasst.

Bezogen auf die LP und die MoA, hat sich auf Bundesebene bestätigt, dass Haushalte ohne Auto in urbanen Ballungszentren häufiger als in dünn besiedelten Regionen vorzufinden sind. Außerdem hat sich gezeigt, dass in Gemeinden über 500.000 Einwohnern über die Hälfte der Befragten multimodal unterwegs ist. Dennoch besitzen 70 % der Haushalte ein Auto, nur 12 % lassen sich den MoA zuordnen. Das Untersuchungsgebiet Berlin Prenzlauer Berg nimmt als hochverdichtetes Innenstadtgebiet demgegenüber mit einem Anteil von nur 43 % Auto-Besitz eine besondere Stellung ein. Von diesen Autobesitzern parkt der weitaus überwiegende Teil (über 80 %) das Auto im öffentlichen Straßenraum. Das bedeutet, dass etwa ein Drittel der Haushalte in Prenzlauer Berg zur Untersuchungsgruppe der LP gehört. In Gesamtberlin beträgt der Anteil der MoA 16% (64% der Haushalte besitzen ein Auto, 20% sind monomodal ohne Auto).

Eine Analyse der soziodemographischen Daten (Einkommen und Bildungsabschluss) auf der Ebene von Gesamtberlin zeigt, dass sich MoA und Personen, die mindestens ein Auto im Haushalt besitzen, nur unwesentlich unterscheiden. Lediglich bei der Haushaltgröße ist ein deutlicher Unterschied festzustellen: Nur ein Viertel der MoA in Berlin leben in Mehrpersonenhaushalten, während in Prenzlauer Berg die Hälfte der LP in Mehrpersonenhaushalten leben.

Zur Charakterisierung der LP und der MoA wurde anschließend deren Verkehrsverhalten quantitativ beschrieben.

Bei den LP in Prenzlauer Berg hat sich gezeigt, dass das Auto wenig genutzt wird.¹²⁶ Einsatzbereiche mit hohem MIV-Anteil bilden dienstliche Wege (54 %), Fahrten zur Arbeit (42 %) sowie Freizeitwege (36 %). Diese Ergebnisse lassen auf ein multimodales Verkehrsverhalten der LP in Prenzlauer Berg schließen, bei dem auf das Auto zugunsten anderer Verkehrsmittel verzichtet wird. Hinweise auf ein multimodales Verkehrsverhalten liefert auch die Erkenntnis, dass zwei Drittel aller Wege von LP in Prenzlauer Berg mit dem Umweltverbund¹²⁷ (UV) zurückgelegt werden.

Der Analyse des Mobilitätsverhaltens der MoA in Berlin zufolge legen 13 % ihre Wege mit einem MIV zurück, ohne ein eigenes Auto zu besitzen. Eine differenzierte Betrachtung unter Berücksichtigung der Wegelängen zeigt allerdings, dass sie dabei das Auto vor allem für weite Wege nutzen. Die Betrachtung der Wegezwecke wiederum zeigt, dass die MoA insbesondere für längere Freizeitwege auf das Auto zurückgreifen.

Die soziodemographischen Merkmale der MoA und LP sowie die quantitative Auswertung ihres Mobilitätsverhaltens werfen weiterführende Fragen auf, die mit den vorliegenden quantitativen Erhebungen nicht beantwortet werden können. Es stellt sich die Frage, welche Motive und Einstellungen hinter dem geringen Wegeanteil der Autos liegen und welche Bedeutung hierbei die Parksituation in Prenzlauer Berg hat. Für ein besseres Verständnis der Alltagsorganisation ohne Auto wird der Mobilitätsalltag der MoA im Vergleich zur Mobilität der LP besonders relevant: Wie bewältigen die LP und die MoA ihre Mobilität ohne Auto und welche Form der Autonutzung verwenden sie? Es wird auch zu untersuchen sein, ob ein Zusammenhang zwischen dem multimodalen Verhalten der LP in Prenzlauer Berg und ihrer Bereitschaft der Autoabschaffung bzw. einer reduzierten Nutzung gezogen werden kann.

4.2.5 Qualitative Analyse: Beschreibung der Stichprobe

Als Basis für die qualitative Befragung der beiden Gruppen (LP und MoA) diente eine Stichprobe aus insgesamt 60 Probanden (je 30 pro Untersuchungsgruppe), die in einem zweistufigen Verfahren ausgewählt wurde. Zunächst wurden 1.980 Haushalte zufällig ausgewählt und angeschrieben.¹²⁸ Zu diesem Zweck wurde auf eine Zufalls-Adressauswahl bestehend aus einem Random-Address- und einem Random-Route-Verfahren zurückgegriffen. Aus diesen 1.980 Haushalten haben sich 98 Bewohner (knapp 5 %) zurückgemeldet. In einem zweiten Schritt wurden aus diesen 98 Rückmeldungen nach den Anforderungen der beiden Untersuchungsgruppen (LP und MoA) und den theoretischen Vorannahmen, die aus der Sekundäranalyse abgeleitet worden waren, die 60 Probanden ausgewählt. Dabei wurde sich an der soziodemografischen Verteilung der Bevölkerung in Prenzlauer Berg orientiert, ohne dass eine repräsentative Stichprobe angestrebt wurde.

¹²⁶ Der Ausnutzungskoeffizient gibt an, ob der jeweilige Laternenparker bzw. die jeweilige Laternenparkerin am Erhebungstag das eigene Auto genutzt hat. Nur 40 % der Laternenparker nutzten am Erhebungstag das eigene Kfz. (Definition aus: eigene Berechnung).

¹²⁷ ÖPNV, Fahrrad, zu Fuß, Carsharing

¹²⁸ Das Zufallsverfahren wurde gewählt, um ungewollte Effekte zu vermeiden, die sich aus dem Verhältnis der relativ kleinen Stichprobe zu dem großen Untersuchungsgebiet ergeben könnten. Zudem wurden störende Effekte vermieden, die sich über das klassische „Schnellballprinzip“ einstellen können, wenn sich die Probanden gegenseitig empfehlen und es dadurch zu großen Ähnlichkeiten bezüglich der Einstellungen der Probanden kommt.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	43/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------

Die Stichprobe umfasst 32 Männer und 28 Frauen. Der jüngste Befragte ist 21 Jahre alt, der älteste 73. Die befragten Probanden haben zu 65 % einen Fachhochschul- oder Hochschulabschluss. Etwa die Hälfte der Befragten ist vollzeitbeschäftigt, je acht Befragte sind arbeitssuchend, studieren oder sind in Teilzeitbeschäftigung tätig, sechs der Interviewpartner befinden sich bereits im Ruhestand und einer in Elternzeit. Während knapp die Hälfte der Stichprobe alleinlebend ist, leben etwa jeweils ein Viertel in Paarbeziehungen oder in Familien (davon drei Alleinerziehend). Genauso wie beim Vergleich der soziodemografischen Merkmale von LP und MoA auf Berlinenebene im Rahmen der Sekundäranalyse, so sind auch die beiden Teilgruppen der Stichprobe in ihrer soziodemografischen Zusammensetzung sehr ähnlich. In unserer Stichprobe befinden sich Probanden sowohl aus Ein- wie aus Mehr-Personen-Haushalten, wobei die Haushaltsgröße von vier bis sechs Personen reicht. Eine weitere Gemeinsamkeit zu den gesamtberliner Verhältnissen zeigt sich bei der Verteilung der Haushaltsgrößen zwischen den LP und den MoA, die auch im Prenzlauer Berg sehr unterschiedlich ausfällt: Während von den 30 befragten LP nur 7 in einem Einpersonenhaushalt leben und 23 in Mehrpersonenhaushalten, sind es bei den MoA 17 Einpersonenhaushalte und 13 Mehrpersonenhaushalte.

4.2.6 Qualitative Analyse: Ergebnisse

Der größte Anteil der befragten LP bewegt sich im Alltag innerhalb einer Woche multimodal fort und bewältigt seine Alltagsmobilität überwiegend ohne das private Auto. Nur ein Drittel der Probanden nutzt das Auto als Hauptverkehrsmittel.¹²⁹ Wie auch die Sekundäranalyse gezeigt hat, greift der Großteil der LP bevorzugt auf das Fahrrad und den ÖV zurück, womit sich das Mobilitätsverhalten der LP und der MoA teilweise stark ähneln. Dennoch nutzt auch ein Drittel der MoA ein Auto für Einkauf, Transport und Ausflüge. Dieses Auto ist dann entweder geliehen, ein Taxi oder wird privat mit Verwandten und Freunden geteilt. Im Folgenden wird die Autonutzung aller Befragten aus der Perspektive der individuellen Nutzungsmotive sowie den jeweiligen Einstellungen beschrieben (Schlag und Schade 2007, siehe 10.2.5 Anlage 5). Dabei werden wahrgenommene Nachteile der Autonutzung identifiziert, die dazu führen, dass alternative Verkehrsmittel für die gleichen Motive eingesetzt werden.¹³⁰ Die sich daraus ergebenden Potentiale und zu überwindende Barrieren der Nutzung von Alternativen werden anschließend dargestellt, damit weitere Motive der Autonutzung bedient werden können.

4.2.6.1 Nutzungsmotive und Einstellungen gegenüber dem Auto

In einer Übersicht der Forschung zur Wahrnehmung des Autos und des öffentlichen Verkehrs der letzten 20 Jahre, kommt Flade (2013) zu dem Ergebnis, dass die positive Bewertung des Autos bis heute überwiegt. Dabei sind räumliche und zeitliche Unabhängigkeit, Bequemlichkeit, Zuverlässigkeit und Schnelligkeit die dominierenden Nutzungsmotive (ebd., S. 63f.). Nur hinsichtlich der Stresserzeugung und der Umweltwirkung schneidet das Auto negativ ab.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass diese Motive im innerstädtischen Raum nur unter bestimmten Voraussetzungen stimmig sind, nämlich wenn sie die Nutzung des Autos für Strecken mit Zielen außerhalb Berlins (Urlaub und Ausflüge), für Transporte in der Stadt¹³¹ und abends bzw. nachts¹³² betreffen. Die Autonutzung wird dabei gegenüber dem ÖPNV teils als flexibler, bequemer und von einigen auch als sicherer und privater bewertet. Das Motiv Flexibilität bei der Autonutzung hat eine räumliche und zeitliche Dimension und ist bei den LP auf den einfachen Zugang, den geringen Planungsaufwand, die ermöglichte Spontaneität sowie die Erreichbarkeit von Zielen im weniger verdichteten Raum bezogen.¹³³ Die LP mit

¹²⁹ Das Hauptverkehrsmittel wurden qualitativ aus den Beschreibungen der Probanden zur Alltagsmobilität ermittelt und bezeichnet das im Alltag vordergründig verwendete Verkehrsmittel.

¹³⁰ Motive und Einstellungen stehen in engem Zusammenhang mit den verkehrsmittelunabhängigen Einflussfaktoren wie die sozioökonomischen Bedingungen, die sich auf die Nutzungsbereitschaft auswirken (Kutter 2005) und werden damit erklärend berücksichtigt. So können die Haushaltsgröße, die Art der Arbeit, die Lage des Wohn- und oder Arbeitsorts oder Verkehrsmittelpräferenzen des sozialen Umfelds (des Partners, des Freundeskreises) die Nutzung gegenüber einer Mobilität ohne eigenes Auto prägen.

¹³¹ Ein großer Teil der LP im Prenzlauer Berg erledigt, wie die MoA, kleine Einkäufe in der Umgebung zu Fuß, mit dem Fahrrad oder mit dem ÖPNV, auch in Kombination mit dem täglichen Arbeitsweg. Einige LP führen einen wöchentlichen Großeinkauf oder auch den Kauf von Getränken mit dem privaten Auto durch. Die Nutzung des eigenen Autos mache „das Leben leichter“ (13/77) und wird als „praktisch“ bewertet. (25/176). Die MoA hingegen führen keinen wöchentlichen Großeinkauf durch. Nur wenige der LP setzen das Auto auch regelmäßig dienstlich ein.

¹³² Aus Probandensicht ist dabei entscheidend, dass abends bzw. nachts das Auto in Anbetracht eines geringeren ÖV-Angebots und geringem Verkehrsaufkommen auf der Straße einen Zeitvorteil bietet. Das Autonutzungsmotiv Zeitersparnis tritt dann zumeist in Kombination mit den Motiven Sicherheit, Privatheit und Bequemlichkeit auf.

¹³³ So ermöglicht das Auto aus Nutzersicht eine flexiblere und spontane Mobilitätsorganisation: Man könne sich „spontan umentscheiden“ und muss im Vergleich zum ÖPNV nicht überlegen: „Wo muss ich umsteigen? Wie müsste ich das machen? Lohnt sich das?“ (16/138)

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	44/ 136
--	--	------------------------------------	--------------------

jüngeren Kindern verwenden das Auto auch in geringem Maße zur Familienorganisation, währenddessen die MoA aufzeigen, dass dies auch ohne Auto möglich ist. Auffallend ist, dass die LP das Auto für die gemeinsame Nutzung mit Kindern vorrangig für Freizeitaktivitäten nutzen und nicht zum täglichen Abholen oder Bringen einsetzen. Bei MoA sind für die Autonutzung grundsätzlich die gleichen Motive relevant (Erreichbarkeit von Zielen außerhalb, Flexibilität/Spontaneität, Zugänglichkeit, Privatheit und Sicherheit). Jedoch ist dies zumeist mit einem größeren Planungs-/Organisationsaufwand verknüpft, der von ihnen teilweise als nachteilig bewertet wird und eine höhere Mobilitätskompetenz erfordert¹³⁴ (siehe Kap. 4.2.6.2).

Unsere Befunde bestätigen, dass die positive Bewertung des eigenen Autos hinterfragt wird, sobald ein erhöhtes Verkehrsaufkommen auftritt, da dies mit Stress und einem erhöhten Konfliktpotential verbunden ist (Harris, Houston 2010). Eine negative Einstellung zum Auto wird durch den Organisationsaufwand und die finanziellen Kosten, die der Besitz und die Nutzung des Autos mit sich bringen, noch verstärkt.

Als bedeutsame Stressfaktoren haben sich hohe Parkkosten und lange Stellplatzsuchzeiten außerhalb der Wohnumgebung sowie in den Abendstunden innerhalb der Wohnumgebung herausgestellt. Die Parksituation beeinflusst die Mobilitätsorganisation der LP. Dies zeigt sich darin, dass einige ihren Tagesablauf an die erwartete Parksituation anpassen und Rückfahrten so planen, dass sie wahrscheinlich einen Stellplatz bekommen.¹³⁵ Überdies weichen einige Probanden auf andere Verkehrsmittel aus, um den Stellplatz nicht aufzugeben und Stress bei der Stellplatzsuche zu vermeiden.¹³⁶

Den Befragten zufolge haben sich die Parkverhältnisse nach der Einführung der Parkraumbewirtschaftung durch die Verdrängung gebietsfremder Autos entspannt. Im Ergebnis wurde die Parksituation für die Anwohner attraktiver und fördert damit den Auto-Besitz. Bei den Toleranzen für die Entfernung zwischen Parkstelle und Wohnort (zwischen 150-1000m) sowie der Parksuchzeit (zwischen 20-45 Minuten) gibt es große Unterschiede. Die Akzeptanz der Parksuchzeiten hängt damit zusammen wie das zu Fuß gehen erlebt wird und ob etwas transportiert wird. Während die Kosten für die Anwohnerparkvignette als gering eingestuft werden, sehen sich einige LP durch die Parkzonen in ihrer nähräumlichen Mobilität eingeschränkt, da sie in benachbarten Parkzonen einen Parkschein lösen müssen. Im Ergebnis wird dadurch die Nutzung des ÖPNV und des Rads unterstützt. Erfahrungen mit privaten Stellplätzen liegen zwar vor, jedoch werden öffentliche Parkplätze aufgrund der Kostenersparnis bevorzugt.

Die Nachteile der Autonutzung grenzen die Nutzungsmotive, die zum Autoeinsatz führen, ein. Dies trifft besonders stark auf diejenigen zu, die alternative Hauptverkehrsmittel nutzen (der Großteil der LP und alle MoA) und damit ihre Alltagsmobilität im Sinne eines optimalen Verkehrsmiteinsatzes unter den gegebenen innerstädtischen Bedingungen gestalten. Nicht zutreffend ist dies für diejenigen Autonutzer, die das Auto aus einem individuell wahrgenommenen Zwang (regelmäßige Pendlerstrecken, finanzielle Zwänge und gesundheitliche Gründe sowie jobbedingte Transportbedarfe) nutzen.

Im Folgenden wird betrachtet, durch welche Potentiale und Barrieren alternative Verkehrsmittel gekennzeichnet sind, wenn es um jene Motive geht, die regelmäßig zur Autonutzung führen.

4.2.6.2 Potentiale und Barrieren von Alternativen zur Autonutzung

Abgesehen von wenigen Probanden mit einer starken Autonutzungsroutine, äußert die Mehrheit der interviewten LP eine gewisse Bereitschaft, unter Umständen und für bestimmte Einsatzsituationen, ein anderes Verkehrsmittel dem eigenen Auto vorzuziehen.

Die auf der Grundlage des Interviewmaterials herausgearbeiteten Potentiale und Barrieren von Alternativen zur Autonutzung speisen sich aus den (überwiegend erfahrungsbasierten) Einstellungen der LP und MoA gegenüber Alternativen zum privaten Auto und den Vorstellungen und der Bereitschaft hinsichtlich eines veränderten Nutzungsverhaltens.

Dafür werden insbesondere auch die Nutzungserfahrungen der MoA mit alternativen Verkehrsmitteln vergleichend herangezogen, die von ihnen in Kontexten verwendet werden, in denen LP bislang vor allem mit dem privaten Auto fahren.

Die hier berücksichtigten Einstellungen der Probanden gegenüber den Verkehrsmitteln werden im Anhang dargestellt und zeigen damit die wesentlichen Motive und Nutzungsbarrieren aus Probandensicht auf (siehe 10.2.2 Anlage 2).

¹³⁴ Mobilitätskompetenz bedeutet einen Überblick über die objektiv bestehenden Möglichkeiten des Verkehrsangebots zu besitzen, d. h. dass die Verkehrsmittel je nach Situation genutzt und kombiniert werden (Flade 2013).

¹³⁵ „Also auf den Rücktouren achte ich darauf, dass ich, wenn ich hier ankomme; dass ich zu einer Zeit ankomme, zu der ich wahrscheinlich einen Stellplatz bekomme (...)“ (08/38)

¹³⁶ „Also wenn; wenn das Wetter schlecht ist, (...) nehme ich evtl. das Auto, wobei auch schon nicht mehr so häufig wie früher, weil die Parksituation ja auch schwierig geworden ist hier in; u. a. in [im Bezirk, wo sich die Arbeitsstelle befindet]“ (03/20)

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	45/ 136
--	--	------------------------------------	--------------------

ÖPNV

Das ÖPNV-System in Prenzlauer Berg wird hinsichtlich des vorhandenen Angebots (siehe Kap. 4.2.3) sowohl von den LP als auch den MoA positiv bewertet, auch wenn diese das Auto regelmäßig einsetzen.¹³⁷ Der einfache Zugang zum ÖPNV steht im direkten Zusammenhang mit den ÖPNV-Nutzungsmotiven, tagsüber einen Zeitvorteil gegenüber dem Auto und Rad zu erreichen und den mit dem Autofahren assoziierten Stress zu vermeiden. Dies erklärt auch die vorherrschende Einstellung von MoA, aber auch bei denjenigen LP, die den ÖPNV oder/und das Rad regelmäßig verwenden, dass in der Stadt kein eigenes Auto notwendig sei.

Andere LP, deren Mobilität mehr auf das Auto und/oder das Rad als individuelle Verkehrsmittel bezogen ist, erachten den ÖPNV als ungeeignet für ihre Mobilitätsanforderungen. Eine wichtige Nutzungsbarriere stellt hier die fehlende Privatsphäre bzw. die unkontrollierbare Nähe zu fremden Menschen dar, die den ÖPNV besonders zu Stoßzeiten unattraktiv erscheinen lässt. Hier weisen diejenigen MoA und LP mit dem Hauptverkehrsmittel ÖPNV teils eine höhere Toleranzgrenze auf, die durch positive Einstellungen charakterisiert ist.¹³⁸ Wartezeiten – reguläre beim Zugang und Umsteigen sowie irreguläre durch Verspätungen – werden als weiteres Argument gegen den ÖPNV angeführt, wobei die gewohnheitsmäßigen Nutzer, diesen Nachteil durchaus erwähnen, jedoch damit teilweise anders umgehen. Wartezeiten etwa, die von einigen als „verlorene Zeit“ betrachtet werden, überbrücken andere durch Strategien, die das reguläre und ungeplante Warten ausgleichen (z. B.: Lesen, das fußläufige Zurücklegen des Weges bis zur Station, alternative Streckenwahl). Diese Anpassungsfähigkeit entsteht durch regelmäßige Nutzung und dient auch zur Verringerung kognitiver Dissonanzen.¹³⁹

Wartezeiten und der mit der ÖPNV-Nutzung verbundene Planungsaufwand schränken aus Nutzersicht die zeitliche Flexibilität ein, insbesondere wenn sie auf Umsteigeverbindungen angewiesen sind. Das Motiv Flexibilität/Spontaneität steht damit bei der ÖPNV-Nutzung zumeist im Hintergrund.¹⁴⁰ Die gewünschte Flexibilität, die vorwiegend dem Auto zugeschrieben wird, wird nur von wenigen MoA und LP als ÖPNV-Motiv erwähnt, wenn Ziele außerhalb der Stadt erreicht werden sollen. Allerdings nimmt das Motiv Bequemlichkeit für die ÖPNV-Nutzung bei einigen MoA eine bedeutsame Rolle ein, wenn es darum geht, körperliche Anstrengung beim Radfahren und Stress beim Auto- und Radfahren zu vermeiden.

Ein weiteres Hemmnis ist der subjektive Kostenvergleich zwischen der ÖPNV- und der Autonutzung, der die *Total Costs of Ownership* meist nicht einbezieht. Ein kleiner Teil der LP bewertet die Kosten des Autos in Situationen, wenn mehrere Personen gemeinsam unterwegs sind oder Ziele außerhalb Berlins angesteuert werden günstiger als die Nutzungskosten des ÖPNV. Demgegenüber stellen vor allem MoA aber auch einige LP den Kostenvorteil des ÖPNV in der Stadt verglichen mit dem Besitz eines eigenen Autos heraus. Probanden mit dem Hauptverkehrsmittel Rad beschreiben den ÖPNV teils als zu teuer und greifen daher auf das Rad zurück, um Mobilitätskosten einzusparen. Es zeigte sich, dass der Besitz eines Abonnements oder eines Tagestickets die weitere Nutzung des ÖPNV im Gültigkeitszeitraum vorrangig positiv beeinflusst. Die meisten LP äußern sich gegenüber der Anschaffung eines Abonnements jedoch sehr zurückhaltend und begründen es mit dem aus ihrer Sicht unattraktiven ÖPNV-Tarif.

Damit zeigt sich, dass an den Motiven Vermeidung von Stress bei der Nutzung des Autos, Bequemlichkeit hinsichtlich der Schnittstellengestaltung zwischen den Verkehrsmitteln und der Kostenersparnis angesetzt werden kann, um die ÖPNV-Nutzung zu unterstützen.

Fahrrad

Motive, die von den LP und MoA gleichermaßen als entscheidend für die Radnutzung angeführt wurden, sind Zeitersparnis gegenüber dem ÖPNV oder dem Auto, körperliche Bewegung und individuell und unabhängig unterwegs zu sein, um Ziele in näherer bis mittlerer Entfernung direkt zu erreichen.

So betonen diejenigen Probanden mit vorwiegend positiver Einstellung gegenüber dem Radfahren die Flexibilität und Unabhängigkeit, die dieses individuelle Verkehrsmittel bietet.

Als weitere Begleitmotive für einen kleineren Teil werden Fahrspaß/Entspannung und Umweltschutz angeführt. Das Motiv Kostenersparnis bei Radnutzung spielt für MoA gegenüber der ÖPNV-Nutzung eine

¹³⁷ Unabhängig von der allgemeinen positiven Bewertung des ÖV-Systems werden einzelne öffentliche Verkehrsmittel abgelehnt und gemieden oder präferiert, je nachdem, ob sie den persönlichen Mobilitätsanforderungen entsprechen.

¹³⁸ Probanden berichten beispielweise dass sie sich im ÖPNV, auch zu Stoßzeiten „relativ ungestört fühlten“ und „richtig abschalten“ könnten (36/41) und gern Leute beobachteten (48/71) und neue Leute kennenlernen könnten (24/420).

¹³⁹ Informationen über Verkehrsmittel nachzusuchen oder Erfahrungen wahrzunehmen, wird in manchen Fällen aktiv vermieden, wenn sie den eigenen aktuellen Einstellungen nicht entsprechen, um ein Spannungsverhältnis zwischen Verhalten und Einstellung zu vermeiden. Dieses psychologische Konstrukt wird als „kognitive Dissonanz“ (Festinger, 1957) bezeichnet, sorgt für ein positives Selbstbild und wirkt als eine verzerrte Wahrnehmung bzw. Bewertung wahrgenommener Sachverhalte.

¹⁴⁰ Wenige Probanden erwähnen, dass sie den ÖPNV nutzen um sich in bestimmten Nutzungskontexten flexibel fortzubewegen.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	46/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------

stärke Rolle. Bei LP spielt die Kostenersparnis bei Radnutzung gegenüber der Autonutzung eine geringere Rolle.

Mit der Radnutzung werden überdies nachteilige Faktoren anderer Verkehrsmittel vermieden (u.a. Stress bei der Autonutzung und Wartezeit bei ÖPNV-Nutzung).

Begrenzt wird die Nutzung durch das Wetter, die Entfernung des Zielortes und Erfahrungen mit Konflikten beim Radfahren. Hier fällt auf, dass MoA das Motiv bei „schönem Wetter“¹⁴¹ zu fahren weniger anführen als die LP. Auffällig ist, dass sich LP und auch MoA als Radfahrer durch alltägliche Nutzungskonflikte mit anderen Radnutzern, Autofahrern und Fußgängern stark belastet fühlen. Die unzureichende Radwegeinfrastruktur und nachteilige Verkehrsführung werden als Hauptursachen für diese Konfliktsituationen gesehen. Um eine gesteigerte Radnutzung der LP zu erreichen, sind daher insbesondere Infrastrukturverbesserungen erforderlich, die die Konflikte mit dem Autoverkehr und Zu-Fußverkehr reduzieren.

Hervorzuheben ist, dass MoA in beschränktem Maße das Fahrrad, auch ohne Verbindung mit dem ÖPNV, dazu benutzen, um Ziele außerhalb der Stadt zu erreichen, die ansonsten als Argument für die Autonutzung angeführt werden. Dies zeigt, dass man Ausflugsziele auch den verfügbaren Verkehrsmitteln anpassen kann, ohne dass dies als Einschränkung erlebt wird.

Das Motiv Transport von Dingen des täglichen Bedarfs wird nur bei wenigen LP für die Radnutzung angeführt, wohingegen es bei der Hälfte der MoA eine Rolle spielt. Die MoA erwähnen dabei auch das Potential einer Leihmöglichkeit von Lastenrädern in der direkten Wohnumgebung, um eine höhere Flexibilität bei auftretenden Transportbedarfen zu erreichen.

Der erlebte Zeitvorteil gegenüber dem ÖPNV, Auto und zu Fuß und eine damit einhergehende Kostenersparnis sowie höhere Planungssicherheit bieten somit weiteres Entwicklungspotential für das Radfahren.

Kombinierte Rad & ÖPNV- Nutzung

Die oben erwähnten überwiegend positiven Einstellungen gegenüber dem ÖPNV und Radfahren im Alltag spricht für eine intermodale Kombination von ÖPNV und Rad als eine geeignete Verkehrsmittelkombination in der Stadt. Damit könnten Erreichbarkeitsvorteile gegenüber der separaten Nutzung von ÖPNV oder Rad erhöht und insbesondere die Motive, außerhalb der Stadt liegende Ziele zu erreichen und auch in beschränktem Maße das Transportmotiv (allesamt Motive der Autonutzung) adressiert werden. Eine regelmäßige intermodale Nutzung von ÖPNV und Rad ist im Alltag der LP und MoA kaum verbreitet. Es liegen jedoch bei den meisten Personen einzelne Erfahrungen in der Freizeitnutzung vor, die zeigen, dass negative Erfahrungen bei der Fahrradmitnahme im ÖPNV dazu führen, diese Art sich fortzubewegen zu vermeiden.

Hindernisse der Radmitnahme im ÖPNV sind aus Sicht der Nutzer:

- die entstehenden Konflikte mit anderen Fahrgästen zu Tageszeiten erhöhten Verkehrsaufkommens
- die zusätzlichen Kosten für die Mitnahme des Rades und
- die Belastungen, die beim Tragen des Rades anfallen, besonders im Fall von defekten Rolltreppen und Aufzügen.

Verbleibt das Rad am Bahnhof, stellt auch das Diebstahlrisiko und die eingeschränkte Flexibilität eine Barriere zur regelmäßigen Nutzung dar. Der gewohnte Einsatz der Radmitnahme im Alltag ist nur bei zwei MoA vorzufinden. Auffällig ist bei diesen Personen, dass sie den Transport gegenüber der alleinigen ÖPNV- oder Fahrradnutzung¹⁴² bequemer bewerten (auch in Kombination mit einem Fahrradanhänger) und die Überwindung größerer Distanzen als äußerst positive Erweiterung ihrer Mobilität empfinden. Somit kann die intermodale Nutzung von Rad und ÖPNV unter verbesserten Rahmenbedingungen dazu beitragen, die Motive Erreichbarkeit, (kleiner bis mittelgroßer) Transportbedarf, Flexibilität und Bequemlichkeit stärker zu adressieren.

Carsharing

Nur wenige der Probanden besitzen Carsharing-Erfahrung.¹⁴³ Bei denjenigen, die mit der Nutzung von stationsungebundenem Carsharing vertraut sind, dominiert das Motiv der spontanen und (zeitlich) flexiblen

¹⁴¹ Bei MoA, die das Rad verwenden, wird im Gegenteil zu den LP Regen kaum als der Radnutzung entgegenstehend erwähnt, sondern eher starke Kälte in Kombination mit Glättegefahr.

¹⁴² Ein Proband präferiert die Radmitnahme im dienstlichen Alltag, damit er seine schwere Tasche mit Arbeitsbedarf bequem zu seinen Kunden mitnehmen kann und sich somit Stellplatzsuche und körperliche Anstrengung beim händischen Tragen der Tasche erspart (vgl. 42).

¹⁴³ Unter diesen sieben Personen befinden sich vorwiegend MoA. Ein LP setzt das Carsharing ein, um seine Mobilität

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	47/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Nutzung. Zeitlich und räumlich flexibel und unabhängig zu sein, wird positiv hervorgehoben, da man unterschiedliche Verkehrsmittel für den Hin- und Rückweg einsetzen kann. Das heißt, dass die Nachteile eines individuellen Verkehrsmittels wie Rad oder Auto, das man wieder mitnehmen oder abholen muss, entfallen. Dabei muss nicht auf Spontaneität, direkte Verbindungen und Privatsphäre verzichtet werden.

Bei denjenigen, die das stationsbasierte Carsharing verwenden, sind speziell die Planungssicherheit und die Vermeidung der Stellplatzsuche durch reservierte Stellplätze ausschlaggebend, wobei hier Abstriche hinsichtlich der Flexibilität in Kauf genommen werden.

Auch selbstständig tätige Probanden, die das Carsharing innerhalb der Stadt für unregelmäßige und regelmäßige dienstliche Termine einsetzen, betonen die Flexibilität und Erreichbarkeit von (innerstädtischen) Zielen, die das Carsharing ihnen bietet. Somit wird ihnen ermöglicht, spontan in Situationen darauf zurückzugreifen, in denen die Vorteile gegenüber anderen Verkehrsmitteln überwiegen.¹⁴⁴ Die Nutzer planen nicht, das Carsharing stärker einzusetzen, da sie zumeist überzeugt sind, dass sie nur in spezifischen Situationen ein Auto benötigen und eine Nutzung darüber hinaus auch teuer würde.

Stationsungebunde Konzepte ermöglichen gegenüber dem Mietwagen und stationsungebundenen Carsharing-Unternehmen eine höhere Flexibilität und Spontaneität, da vor einer Fahrt keine Reservierung durchgeführt und somit kein Zeitpunkt für den Beginn oder das Ende der Fahrzeugmiete im Vorhinein abgeschätzt werden muss.

Alle Interviewten sind mit der Grundidee des Carsharings bekannt und dem Konzept gegenüber tendenziell aufgeschlossen eingestellt. Circa ein Drittel der Interviewten ohne Nutzungserfahrung als Fahrer wäre bereit, Carsharing auszuprobieren. Dennoch empfinden die meisten Probanden das Konzept aus unterschiedlichen Gründen als unpassend für ihre eigene Lebenssituation. Die erwähnten Nutzungshemmnisse sind:

- die Annahme, dass es beim Carsharing grundsätzlich keine Kindersitze gebe
- dass die Fahrzeuge den Ansprüchen nach Flexibilität und Zugänglichkeit autoaffiner Personen nicht entsprechen
- die Mietkosten oder monatlichen Grundgebühren zu hoch seien,
- es ungeeignet für Wochenendausflüge und
- das Angebot der Fahrzeugflotte nicht vielfältig genug sei.

Hier bestätigen sich Forschungsergebnisse die besagen, dass das Carsharing aus Sicht potentieller Nutzer ihren Flexibilitätsanforderungen nicht gerecht wird (z. B. Harms 2003). Dabei herrschen Vorurteile vor, die durch Praxiserfahrung nicht revidiert werden können, da keine Nutzungsbereitschaft vorliegt. Hinzu kommt, dass die Vorurteile aktuell aufgrund schlecht aufbereiteter Informationsangebote (Unübersichtlichkeit), nicht abgebaut werden können. Daher ist eine wesentliche Voraussetzung für einen Modal Shift vom eigenen Auto zum Carsharing wie zum E-Carsharing, dass der Zugang zu (vergleichenden) Anbieterinformationen einfacher, die Informationen an sich übersichtlicher und nutzerbezogener gestaltet sein müssen.¹⁴⁵ So können über die Motive Flexibilität und Spontaneität, Privatheit, Transport und Erreichbarkeit verstärkt Nutzer mit eigenem Auto angesprochen werden. Da die Flexibilität einen sehr hohen Stellenwert für die Nutzer von Carsharing hat, ist es wichtig, diese auch bei der Umsetzung von E-Carsharing zu berücksichtigen.

Andere Formen der Autonutzung: privates Autoteilen, Taxi, Mietwagen

Bei den MoA und den LP hängen die unterschiedlichen Nutzungsarten des Autos jenseits des eigenen Autos von der Führerscheinverfügbarkeit, von Wegezweck und Wegelänge, der Lage des Zielortes und der Anzahl der mitgenommenen Personen ab. Personen unter den MoA, die keinen Führerschein besitzen, sind somit stark von ihrem sozialen Umfeld abhängig. Der Planungs- und Organisationsaufwand sowie die Kosten in Bezug auf Zeit und Geld werden im Rahmen der beschriebenen Nutzungskontexte als entscheidende Faktoren angeführt, die darüber entscheiden, auf welche Alternative zum eigenen Auto zurückgegriffen wird: privates Autoteilen, Taxi, Mietwagen und Mitfahrgelegenheit. Für besondere Situationen, in denen Flexibilität und Spontaneität von großer Bedeutung sind, sind die Probanden bereit, mehr zu investieren: Dies trifft neben dem eigenen Fahrzeug insbesondere auf die Taxinutzung zu. Das private Autoteilen wird unterschiedlich organisiert (siehe 10.2.1 Anlage 1).

abends in der Stadt zu erhöhen, wenn er auf dem Weg nach Hause ist.

¹⁴⁴ Hier wird z. B. für die regelmäßige abendliche Nutzung wegen des Transports von Arbeitsmitteln das Carsharing gegenüber dem Rad bevorzugt (vgl. 50). Überdies auch wenn besondere dienstliche Wegeketten in der Stadt anliegen, die aufgrund ihrer Entfernungen insgesamt schneller und bequemer als mit dem ÖPNV bewältigt werden können (vgl. 42).

¹⁴⁵ Ein Proband hat trotz erfolgter Anmeldung bei einem Carsharing-Anbieter bisher kein Carsharing genutzt, weil er die Nutzungsbedingungen als undurchsichtig bewertet (vgl. 20).

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	48/ 136
--	--	------------------------------------	--------------------

Bedingungen, die für das private Autoteilen zwischen potentiellen Nutzern vorliegen müssen, sind eine gewisse räumliche Nähe zwischen den teilenden Parteien und eine klar strukturierte Organisation hinsichtlich der Nutzung und Finanzierung des Autos. Da dies in der Regel nicht vertraglich fixiert ist, setzt es ein großes Maß an Vertrauen zwischen den Teilenden voraus, welches unter Familienangehörigen, intensiven Freundschaften oder bei guten Nachbarschaftsverhältnissen bestehen kann. Diese Voraussetzungen werden als Haupthindernisse für die Bereitschaft zum privaten Autoteilen angeführt.

Personen, die Erfahrungen mit dem privaten Autoteilen haben, bezeichnen diese als überwiegend positiv, da die Vorteile (Kostensparnis, Verringerung des Verkehrsaufkommens, weniger Umweltbelastung oder auch die soziale Komponente des „Gemeinsamfahrens“) gegenüber den Nachteilen (Probleme bei der Organisation des Autoteilens, kein ständiger Zugriff) überwiegen.

Wie die Auswertung zu den MoA zeigt, kann das Taxi einen entscheidenden zusätzlichen Baustein für eine Mobilität ohne eigenes Auto darstellen. Das Taxi wird von MoA wie auch von vielen LP für besondere, d. h. überwiegend nicht-alltägliche Kontexte eingesetzt. Vor allem die Kosten stehen einer intensiveren Nutzung entgegen. Das Taxi wird als Fortbewegungsmittel für kürzere Strecken innerhalb der Stadt äußerst positiv wahrgenommen. Die ermöglichte Spontaneität ist ausschlaggebend bei der Abwägung von Vorteilen des Taxis (neben Spontaneität auch Fahrzeug mit Fahrer, flexible (von Haustür zur Haustür) Lösung, geringer Planungsaufwand, die Ermöglichung von Nebentätigkeiten) gegenüber anderen Nutzungen. Insbesondere abends, im Hinblick auf ein geringeres und vom Tage abweichendes ÖPNV-Angebots und unter Zeitdruck, setzen die Probanden (MoA wie LP) das Taxi bevorzugt ein. Demzufolge muss festgestellt werden, dass die Verkehrsdienstleistung „Taxi“ der Verkehrsdienstleistung „Carsharing“ bei der Erfüllung der genannten Anforderungen überlegen ist.

MoA wie auch LP berichten von Erfahrungen mit Mietwagen. Diese werden von LP privat und auch dienstlich für Fälle eingesetzt, in denen das eigene Fahrzeug nicht für den Transport von Gütern und Personen ausreicht. Insbesondere wurden Mietwagenerfahrungen im Urlaub gemacht, um vor Ort mobil zu sein. Die MoA setzen Mietwagen in Berlin für besondere Transporte (z. B. Umzüge) ein und nutzen ihn ansonsten vermehrt für Ausflüge und Urlaub (Hin- und Rückreise oder/und um vor Ort mobil zu sein). MoA bewerten Mietwagen als praktisch und teils günstiger im Vergleich zum ÖV, aber hinsichtlich des Planungsaufwands gelten sie als unflexibel. Um eine Alternative für das eigene Auto darzustellen müssen die Angebote aus Nutzersicht günstiger, flexibler und leichter zu organisieren sein. Ein kombiniertes Angebot von Carsharing- und Mietwagenangeboten könnte eine Lösung sein.

Für MoA und LP werden diese Nutzungen des Autos strategisch hinzugezogen, wenn kontextabhängig ein (anderes) Auto präferiert wird. Für LP zeigen die Nutzungserfahrungen, in denen das eigene Fahrzeug als nachteilig eingeschätzt wird, dass man auch ohne eigenes Fahrzeug auf unterschiedliche Weise automobil sein kann, was sich zudem auf die Akzeptanz von Alternativen positiv auswirken könnte.

Es hat sich gezeigt, dass die sechs zentralen Motive, die für die Autonutzung der LP ausschlaggebend sind (Erreichbarkeit von Zielen außerhalb, Flexibilität/Spontaneität, Zugänglichkeit, Privatheit und Sicherheit, erforderlicher Planungsaufwand) teilweise auch von Alternativen zum privaten Auto bedient werden können, je nachdem welcher Einsatzkontext vorliegt. Die flexible Nutzung der verschiedenen besitzungebundenen Autoangebote inklusive Carsharing kann innerhalb einer multimodaler Mobilitätsorganisation neben Kostenvorteilen auch ein Flexibilitätsgewinn gegenüber dem eigenen Auto darstellen, der mehr hervorgehoben werden muss.

Werden für Alltagswege neue Verkehrsmittel ausprobiert, sind solche Erfahrungen notwendig, die die Nutzung in der Testphase durch ein positives Gefühl bestätigen. Wird ein neues Verkehrsmittel für bestimmte Motive regelmäßig eingesetzt, so bilden sich Mobilitätsroutinen heraus.¹⁴⁶ Diese Routinebildung wird dann neben positiven Erfahrungen auch gestützt durch den Zugang und die Verfügbarkeit von Verkehrsinformationen und deren flexibler Anwendung. Daher werden im Folgenden Informationen, Erfahrungen und Sozialisation näher betrachtet. Zusätzlich wird die Rolle von Mobilitätssozialisation¹⁴⁷ und damit der Weitergabe von Mobilitätskompetenz und Nutzungswissen von Eltern an ihre Kinder berücksichtigt.

4.2.6.3 Rolle von Informationen, Erfahrungen und Sozialisation zur Verkehrsmittelwahl

¹⁴⁶ Mobilitätsroutinen werden bei Ahrend (Ahrend et al. 2013 S. 10) definiert als „internalisierte und wiederholt durchgeführte Entscheidungen und Handlungen, die als potentielle Ortsveränderungen vor der Verkehrsmittelwahl liegen.“

¹⁴⁷ Mobilitätssozialisation wird nach Tully et al. als Prozess definiert, „in dessen Verlauf ein Individuum zum Teilnehmer der Mobilitätsgesellschaft wird. Das wesentliche Ergebnis dieses Prozesses ist ein mobilitätsbezogener Lebensstil, in dem ein eigenwilliger Umgang mit Mobilität längerfristig festgelegt ist“ (Tully et al. 2006, S. 120).

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	49/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Einer individuellen Verkehrsmittelwahl liegen in erster Linie Informationen und Erfahrungen zugrunde. Sie bilden die Basis dafür, welche Verkehrsmittel als optimale Lösung für die Erfüllung bestimmter Mobilitätsanforderungen wahrgenommen und letztlich genutzt werden.

Die Auswertung hat bestätigt, dass für die Abwägung zwischen verschiedenen Verkehrsalternativen die schnelle und einfache Verfügbarkeit von Informationen eine wichtige Grundlage darstellt (Verplanken, Aarts, v. Knippenberg 1997). Informationen zielen darauf, Personen zu motivieren bzw. zu überzeugen, ihre Einstellungen zu Verkehrsmitteln und ihr Verhalten in eine bestimmte Richtung zu verändern bzw. langfristig durch die Zuführung neuer, einstellungsadäquater Informationen aufrechtzuerhalten. Sie können die Nutzung von Alternativen zum (privaten) Auto erweitern und damit multimodales Verhalten fördern und langfristig aufrechterhalten. Die Suche nach Informationen ist vor allem beeinflusst von den hauptsächlich genutzten Verkehrsmitteln und den damit verbundenen Nutzungserfahrungen und Routinen. Personen, die in ihrer Verkehrsmittelwahl eher monomodal ausgerichtet sind, greifen eher auf bewährte Muster und bereits bekannte Lösungen zurück und suchen in Alltagssituationen weniger häufig nach Informationen als Personen, die aus der Fülle der Optionen immer wieder die beste Variante auszuwählen versuchen. Werden bestimmte Informationen für spezifische Ziele gesucht, so sind sich beide Gruppen ähnlich in der Form der Informationsbeschaffung.¹⁴⁸

So sind beispielsweise für regelmäßige Autonutzer vor allem Informationen über die verfügbaren Stellplätze am Zielort und damit verbundenen Kosten (Suchzeit, Stress und Parkgebühr), Wegezeiten und Entfernungen sowie Staugefahr entsprechend der Tageszeit (Berufsverkehr o.ä.) und Baustellen/Umleitungen wichtig. Diese Informationen werden bei Bedarf von den Autonutzern eingeholt. Für regelmäßige Fahrrad- und ÖV-Nutzer werden bei der Abwägung zwischen Verkehrsmitteln für bestimmte Nutzungsmotive spezifische Informationen (Wetteränderung, Entfernungen, Zeit bzw. Tageszeit) nachgefragt und in der Entscheidung berücksichtigt.

Das multimodale Verhalten der LP ist von Erfahrungen mit allen Verkehrsmitteln in bestimmten Einsatzsituationen geprägt, die es flexibel und anpassungsfähig werden lassen. Dies ist notwendig für die individuelle und einfache und damit routinisierte multimodale Mobilitätsorganisation.¹⁴⁹ Um ein Verkehrsmittel oder die kombinierte Nutzung verschiedener Verkehrsmittel in seiner Nutzung langfristig zu etablieren und damit zu routinisieren, sind positive Erfahrungen wichtig (Sloman und Jones 2003).

Probanden, die hauptsächlich das Auto nutzen, haben geringe Nutzungserfahrungen mit dem Rad oder den ÖV, die sich dann in der Bewertung dieser Optionen widerspiegelt. Diese beruhen zum Teil auf wenigen negativen Erfahrungen, Vorurteilen oder Annahmen und fehlendem Nutzungswissen und dadurch erzeugten negativen Einstellungen. Aus Nutzersicht bieten zusätzliche Informationen sowie Testangebote Möglichkeiten, Nutzungserfahrungen mit alternativen Verkehrsmitteln zu erhalten und ihr aktuelles Verhalten zu verändern.

Informationen über Verkehrsmittel nachzusuchen oder Erfahrungen wahrzunehmen, werden oft aktiv ausgeblendet, wenn sie den eigenen aktuellen Einstellungen nicht entsprechen (Vermeidung „kognitiver Dissonanz“). So kann beispielsweise bei MoA beobachtet werden, dass diese ihre eigene ÖV-Nutzung unbewusst durch eine positive Hervorhebung aufwerten, um die Nutzung eines Autos in ihren Augen unnötig erscheinen zu lassen. Umgekehrt rechtfertigen einige LP ihre Autopräferenz, die nach eigenen Aussagen vor allem aus Bequemlichkeitsgründen erfolgt, durch die Betonung der unzuverlässigen, teuren und aufwändigen ÖV-Nutzung.¹⁵⁰ Zu berücksichtigen ist hierbei, dass diese Bewertung zumeist aus Erzählungen von anderen Personen oder aus Medienberichten resultiert und nicht auf eigenen Erfahrungen beruht.

Um eine größtmögliche Flexibilität zu ermöglichen und schnellstmöglich zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln entsprechend der vorliegenden Nutzungsmotive auszuwählen, bieten Smartphones einen Vorteil. Smartphones bieten vor allem bei Unsicherheiten und unvorhergesehenen Änderungen (Straßensperrungen, Ausfall einer Bahn, Umleitungen) die Möglichkeit, schnell Informationen zur Umgehung der Schwierigkeiten zu erhalten. Zwei befragte MoA nutzen beispielsweise sehr routinisiert per Smartphone aktuell notwendige Informationen für den ÖPNV, das Fahrrad oder Carsharing, um zu einer Verkehrsmittelentscheidung zu gelangen (v.a. Wegezeit bzw. Entfernung, Kosten und Erreichbarkeit der

¹⁴⁸ Informationen zu den wichtigsten Linien und Taktzeiten des ÖPNV werden über: Internet, App und Aushänge, Fahrpläne, Stadtpläne gesucht. Das soziale Umfeld wird auch zur Informationsgewinnung herangezogen.

¹⁴⁹ Die Mobilitätsorganisation wird als Koordination des Mobilitätsalltags und den damit verbundenen Entscheidungen oder routinemäßigen Nutzungen von Verkehrsmitteln verstanden.

¹⁵⁰ Ein Proband beschreibt seine persönlichen verallgemeinernden Vorurteile gegenüber dem ÖPNV, um seine eigene Autonutzung zu rechtfertigen: „Ansonsten sage ich mal, zum Thema Infrastruktur des Verkehrs sind sehr viele talentfreie Leute am Arbeiten. Von S-Bahn bis U-Bahn bis sonstigen. Und da bin ich mit dem Auto eigentlich zuverlässiger noch“ (28/42).

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	50/ 136
--	--	------------------------------------	--------------------

nächsten Station).¹⁵¹ Einige Befragte berichteten von einer geplanten Anschaffung eines Smartphones, um somit individuell mehr Flexibilität und Unabhängigkeit in der Mobilitätsorganisation zu erreichen.

Die Interviews weisen darauf hin, dass der Prozess der Mobilitätssozialisation maßgeblich darüber entscheidet, ob Kompetenzen vermittelt werden, die für die praktische Umsetzung einer multimodalen Mobilitätsorganisation notwendig sind. Um diese weiterzugeben, haben sechs Befragte (zwei MoA und vier LP) die Bedeutung der Weitergabe von Wissen und den Umgang mit dem ÖV (z. B. Lesen von Liniennetzplänen, Umsteigen) sowie dem Fahrradfahren im Berliner Straßenverkehr an ihre Kinder betont. So nutzt eine LP für bestimmte alltägliche Strecken mit den Kindern bewusst den ÖV, auch wenn sie die Nutzung des Autos als einfacher wahrnimmt. Diese Vermittlung von Wissen und Kompetenz im Sinne einer erfolgreichen Mobilitätssozialisation spielt für eine Förderung nachhaltiger Mobilität eine entscheidende Rolle und sollte daher eine verstärkte Beachtung in zukünftigen Ansätzen finden.

4.2.6.4 Bereitschaft zur Autoabschaffung und zur verringerten Nutzung

Die Auswertung der Autoeinstellungen derjenigen MoA, die in einer früheren Lebensphase ein eigenes Auto besaßen, weisen darauf hin, dass der mit dem Besitz und mit dem Autofahren verbundene Stress sowie der Kostenfaktor entscheidende Aspekte sind, die zu einer verringerten Autonutzung oder sogar zu einer Autoabschaffung beitragen können.

Zur Abschaffung des privaten Autos können aus Sicht der LP zum einen ökonomische Gründe, wie steigende Unterhaltungskosten oder ein sinkendes Haushaltseinkommen beitragen. Aber auch nicht-ökonomische Gründe, wie ein erhöhter Organisationsaufwand des Autobesitzes, können zum Verzicht auf das eigene Auto führen. Der Umweltaspekt spielt dabei eine untergeordnete Rolle. Als Bedingungen für eine mögliche Autoabschaffung werden ein attraktives Carsharing- und Mietwagenangebot sowie ein verbessertes ÖPNV-Angebot genannt. Von den berichteten persönlichen Zwängen, die zu einer Autoabschaffung führen können, beziehen sich alle auf eine veränderte Familien- oder Finanzsituation.

Um die Heterogenität der multimodalen LP darzustellen und durch gezielte Maßnahmen besser adressieren zu können, wurde eine zweidimensionale Gruppierung vorgenommen. Diese Methode ermöglicht es, einen Zusammenhang zwischen dem heutigen Verkehrsverhalten (X-Achse: aktuelle Auto-Nutzungsintensität im Verhältnis zur Nutzung des Umweltverbundes) und zukünftigen Handlungsoptionen (Y-Achse: Bereitschaft, zukünftig den Wagen weniger zu benutzen, oder ihn möglicherweise ganz abzuschaffen) darzustellen. In einem ersten Durchlauf wurden die LP in zwei Kategorien aufgeteilt. Kriterium für die Zuordnung war dabei die potenzielle Bereitschaft der Probanden zur Autoabschaffung.¹⁵² Im zweiten Schritt wurden diese beiden Kategorien dann unabhängig voneinander nach der Intensität ihrer Veränderungsbereitschaft differenziert.

¹⁵¹ So verwendet ein Proband das Smartphone routinisiert bei der Abwägung zwischen ÖPNV und Carsharing: „(...) Und dann hab ich kurz überlegt: Also nehme ich jetzt Car2Go oder nehme ich BVG, ja? Und dann hab ich schon gecheckt, ja? Dann hab ich mir (...) das angeguckt in der App. So wie (...) unbequem es ist: Wie oft muss ich umsteigen, ja? Und da musste ich; musste ich zum Glück nur einmal umsteigen. (...) Bei zweimal hätte ich wahrscheinlich das Auto genommen“ (53/264).

¹⁵² 13 Probanden wurden jener Kategorie zugeordnet, die eine potenzielle Bereitschaft zur Autoabschaffung zeigten, 16 Probanden haben ausgesagt, auf ihr Auto nicht verzichten zu können, ein Proband konnte nicht zugeordnet werden.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	51/ 136
--	--	------------------------------------	--------------------

Beschreibung der Einordnung

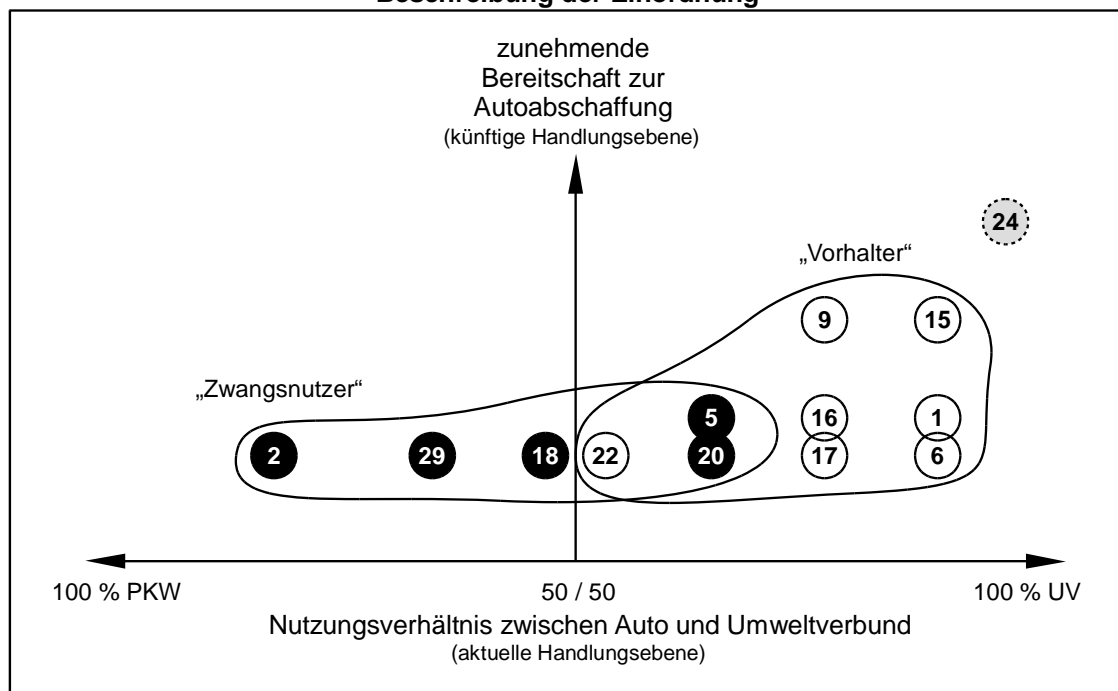


Abbildung 27: Zusammenhang zwischen Verkehrsmittelnutzung und Bereitschaft zur Autoabschaffung

Diejenigen Probanden, die bereit sind, zukünftig auf ein eigenes Auto zu verzichten, können in zwei Gruppen eingeteilt werden (siehe Abbildung 27). Zum einen gibt es jene, die eine kritische Einstellung zum Auto haben und innerlich bereit wären auf das eigene Auto zu verzichten, die sich aber unter dem Eindruck äußerer Umstände und persönlicher Anforderungen im Alltag gezwungen sehen, regelmäßig auf das Auto zurückzugreifen. So wurde beispielsweise von einem Probanden geäußert, selbst auf das Auto verzichten zu können, der Lebenspartner aber sei sehr Auto-orientiert. Zwei sind trotz kritischer Einstellung aus beruflichen Gründen auf das Auto angewiesen. Ein weiterer Proband plant in näherer Zukunft aus dem Bezirk Prenzlauer Berg in das Umland von Berlin zu ziehen, wo er dann nicht auf das Auto verzichten möchte. Diese Probanden, die als die „Zwangsnutzer“ (Nr. 2, 5, 18, 20, 29) bezeichnet werden können, sind für die weitere Untersuchung von geringerer Bedeutung, weil eine Einflussnahme auf die der Autonutzung zugrundeliegenden Rahmenbedingungen nur äußerst schwer möglich erscheint.

Zum anderen lassen sich diejenigen identifizieren, die bereits jetzt ihr Auto im Verhältnis zum Umweltverbund relativ wenig und nur zu seltenen Zwecken nutzen (Transport schwerer Güter in der Stadt oder Ausflüge ins Umland bzw. Fahrten in den Urlaub) und deren Hürde, das Auto abzuschaffen, als geringer eingestuft werden kann. Die Angehörigen dieser zweiten Gruppe, die als die „Vorhalter“ bezeichnet werden, führen äußere infrastrukturelle Gründe an, die derzeit noch für den Autobesitz sprechen, und auf die z. B. über eine Veränderung politischer und verkehrsplanerischer Vorgaben eingewirkt werden kann. Hier werden vorwiegend folgende vier Aspekte genannt:

- unzuverlässige ÖPNV-Angebote
- organisationsaufwändige Carsharing- und/oder Mietwagen-Alternativen
- geringe Betriebskosten für das eigene Auto

Eine Veränderung dieser Rahmenbedingungen könnte bei dieser LP-Gruppe Entwicklung hin zu einem multimodalen Verkehrsverhalten ohne Autobesitz begünstigen. Sowohl die „Zwangsnutzer“, als auch die „Vorhalter“ (Nr. 1, 6, 9, 15, 16, 17, 22) äußern eine kritische Einstellung zum Autofahren. Zusätzlich sind beide Gruppen gegenüber dem ÖPNV oder/und der Fahrradnutzung sehr aufgeschlossen eingestellt.

Proband Nr. 24 ist als Sonderfall einzustufen, weil er im Zeitraum zwischen Probendenauswahl (da gehörte er noch zur Gruppe der LP) und Interviewtermin sein Auto aus finanziellen Gründen abgeschafft hat und nun kein Auto mehr vorhält. Dieser Proband liefert ein praktisches Beispiel für die Option der „Vorhalter“, in Zukunft auf ein eigenes Auto zu verzichten und sich multimodal ohne eigenes Auto zu bewegen. Auf demselben Weg befinden sich die Probanden Nr. 9 und Nr. 15, die beide angegeben haben, dass sie das

vorhandene Auto noch so lange nutzen werden, bis es aus technischen bzw. finanziellen Gründen nicht mehr sinnvoll erscheint und die danach kein neues Auto mehr anschaffen wollen.

Diejenigen Probanden, die nicht bereit sind, in Zukunft auf ein eigenes Auto zu verzichten, können ebenfalls zwei Gruppen zugeordnet werden (siehe Abbildung 28): Einerseits diejenigen, die ebenso wie die oben genannten „Vorhalter“ das Auto für die Motive Ausflüge in die Region, Urlaubsfahrten und Transporte in der Stadt nutzen, die aber darüber hinaus auch eine stärkere emotionale Bindung zu ihrem Auto haben.¹⁵³ Für diese Gruppe, die als „Optionisten“ (Nr. 3, 4, 8, 11, 13, 14, 23, 25, 26, 27, 30) bezeichnet werden, sind die Verkehrsangebote des Umweltverbundes grundsätzlich positiv besetzt und stellen eine geeignete Alternative dar.¹⁵⁴ Für die „Optionisten“ ist das Auto nur ein Verkehrsmittel unter vielen. Ein Teil der „Optionisten“ gibt an, unter bestimmten Bedingungen die Autonutzung noch weiter einschränken zu wollen. Hier werden überwiegend äußere Rahmenbedingungen wie beispielsweise weiter steigende Benzinkosten, die Verfügbarkeit sicherer Rad-Abstellanlagen, ein günstigeres ÖV-Angebot oder familientauglichere Carsharing Angebote genannt. Eine Veränderung dieser Rahmenbedingungen ist z. B. durch politische Maßnahmen durchaus möglich und könnte eine Veränderung der Verkehrsmittelnutzung dieser LP-Gruppe zu Gunsten des Umweltverbund-Angebots begünstigen.

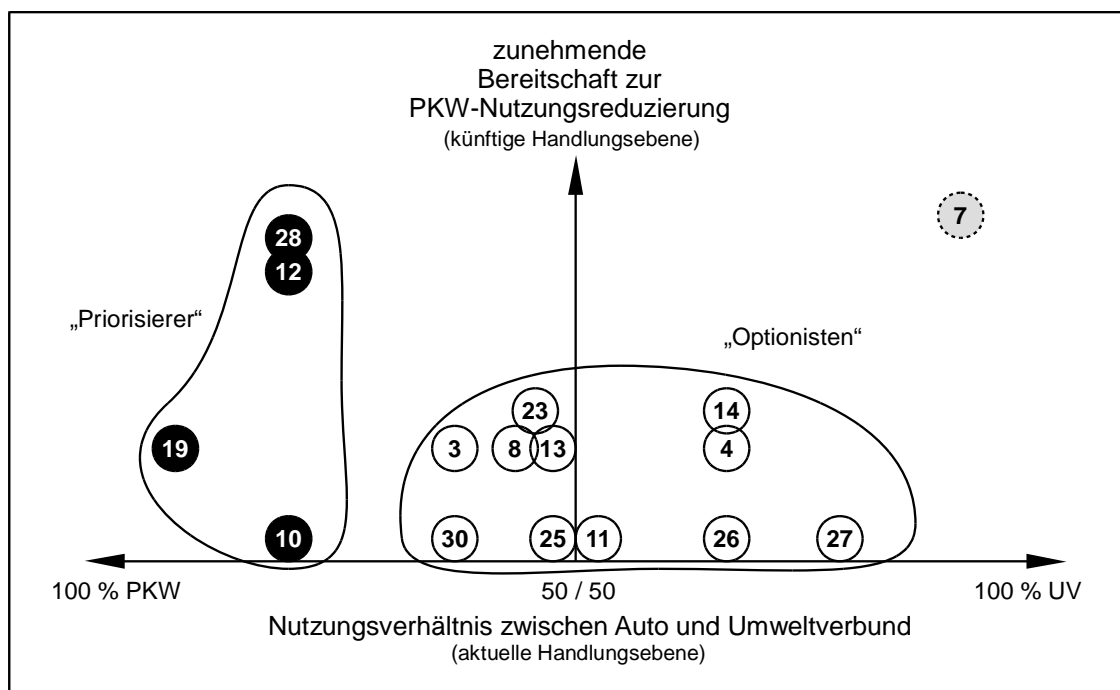


Abbildung 28: Zusammenhang zwischen Verkehrsmittelnutzung und verringerter Autonutzung

Als letzte Gruppe können die „Priorisierer“ (Nr. 10, 12, 19, 28) identifiziert werden, die sich neben ihrem Bedürfnis, auch weiterhin ein eigenes Auto zu besitzen, auch im Alltag durch eine im Verhältnis zum Umweltverbund intensivere Autonutzung auszeichnen. Als Hauptnutzungsmotive werden von dieser Gruppe regelmäßige Ausflüge und die mit dem Auto verbundene Bequemlichkeit genannt. Bei dieser Gruppe ist die Nutzung des Autos gewohnheitsmäßig die erste Wahl. Keiner der Probanden dieser Gruppe hat erwähnt, dass das Leben in der Stadt ohne eigenes Auto organisiert werden kann. Bei den befragten „Priorisierern“ konnten zwei Zukunftsperspektiven ausgemacht werden: Zum einen zwei Personen, die aufgrund veränderter Lebensumstände für einen begrenzten Zeitraum stärker an ihr Auto gebunden sind,¹⁵⁵ danach

¹⁵³ Die emotionale Bindung an das Auto drückt sich in der Aussage einer Probandin aus: „(...)und ich mag mein Auto und (...) liebe mein Auto. (...)und ich hänge an meinem Auto“, die nicht bereit ist ihr Auto abzuschaffen, sondern solange es fährt zu behalten (11/256).

¹⁵⁴ Den Optionisten kann dadurch, dass sie das Auto als eines unter vielen Verkehrsmitteln wahrnehmen eine höhere Mobilitätskompetenz zugesprochen werden als denjenigen, die grundsätzlich das Auto als Fortbewegungsmittel nutzen (vgl. Flade 2013. S. 243)

¹⁵⁵ Proband Nr. 12 nutzt derzeit das Auto vor allem wenn viele Wege (Betreuung von Angehörigen, Einkäufe, Arbeit) verknüpft werden sowie zur Freizeitgestaltung der Kinder außerhalb Berlins an den Wochenenden und hat angegeben, das Auto weniger zu verwenden, wenn die Kinder stärker selbstständig mobil sein können. Proband Nr. 28 ist aus dem Umland nach Berlin gezogen und

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	53/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------

aber der Gruppe der „Optionisten“ zugehören könnten. Die zwei anderen Probanden der „Priorisierer“ wollen auch weiterhin ein eigenes Auto behalten. Für diese Gruppe könnte allenfalls ein Umstieg auf ein privates Elektroauto in Frage kommen.

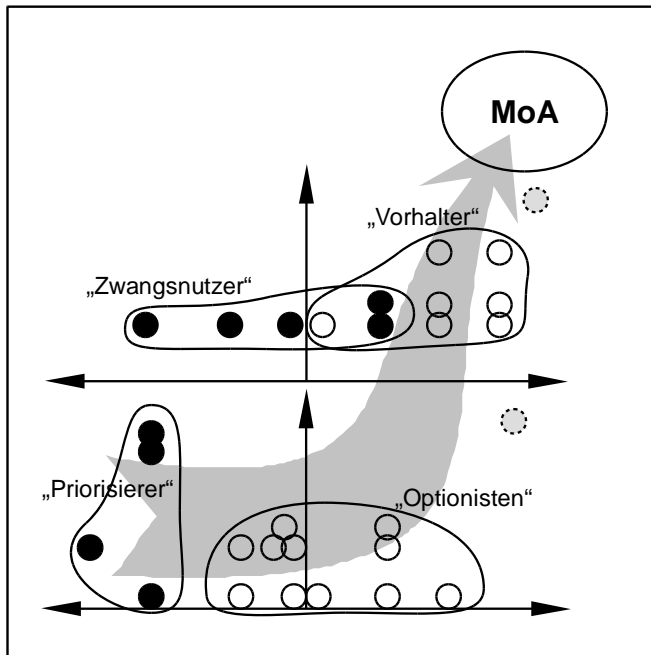


Abbildung 29: Veränderungspotential der Laternenparker

In der Gesamtbetrachtung der Gruppierung (siehe Abbildung 29) kann festgestellt werden, dass es für drei der vier identifizierten Teilgruppen der LP die Option für einen gerichteten Veränderungsprozess in Richtung Mobilität ohne eigenes Autos gibt: Für zwei der vier Probanden aus der „Priorisierer“-Gruppe besteht die Perspektive, zukünftig zur Gruppe der „Optionisten“ zu wechseln, ein Teil der „Optionisten“ wird sich zu „Vorhaltern“ entwickeln und aus den „Vorhaltern“ werden sich einige Probanden in Zukunft multimodal ohne eigenes Auto bewegen. „Die Gruppierung deutet an, dass künftig nur die „Zwangsnutzer“, Teile der „Priorisierer“ und ein kleiner Teil der „Optionisten“ potenzielle Nutzer von eigenen Elektroautos darstellen. Für die anderen stellt der Umstieg auf eine kollektive Nutzungsoption eine attraktive Alternative dar, die den Autonutzungsmotiven der LP größtenteils gerecht werden kann (z. B. E-Carsharing, Mietwagenangebote).

4.2.7 Empfehlungen

Im Rahmen dieser Vorstudie wurde eine erste Betrachtung und Eingruppierung der LP vorgenommen. Die Ergebnisse dieser Gruppierung weisen darauf hin, dass es über die Veränderung von Rahmenbedingungen möglich ist, einen Einfluss auf das Mobilitäts- und das Verkehrsmittelwahlverhalten von LP auszuüben (siehe Kap. 4.2.6.1).

In diesem Abschnitt werden Anforderungen skizziert, die sich aus den Ergebnissen für Maßnahmen für eine multimodale Mobilität ohne eigenes Auto sowie für eine zukünftige Ladeinfrastruktur für Elektroauto ergeben. Diese Maßnahmen knüpfen an die Motive an, für die die LP heute noch ein eigenes Auto einsetzen.

4.2.7.1 Maßnahmen zur Förderung von Multimodalität – Anforderungen und Potential

Die im Rahmen der Gruppierung (siehe Kap. 4.2.6.2) identifizierte gerichtete Veränderungsoption der LP lässt zwei Ansatzpunkte für mögliche Maßnahmenpakete erkennen: Während die „Priorisierer“ und „Optionisten“ zunächst auch weiterhin nicht auf ihr eigenes Auto verzichten werden, besteht unter den „Vorhaltern“ eine hohe Bereitschaft, ihre privaten Autos abzuschaffen und ihr Mobilitätsverhalten der Gruppe der MoA anzupassen. Um diesen Wechsel zu begünstigen und die übrigen Autobesitzer dazu anzuregen, das Auto abzuschaffen oder weniger zu nutzen, sind entsprechende Unterstützungsmaßnahmen notwendig. Sie werden im Folgenden vorgestellt und diskutiert.

Maßnahmen zur Verringerung der Attraktivität des Autobesitzes

gibt an, das Auto in Zukunft weniger benutzen zu wollen.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	54/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Parkraummanagement erlaubt eine zielgerichtete Beeinflussung des Parkraumangebots. Sowohl aus der Sicht der LP als auch der MoA belastet die schwierige Parksituation innerhalb Berlins, besonders am Abend, die Autonutzung. Die Ergebnisse der Nutzerbefragung haben gezeigt, dass dieser Umstand eine starke Berücksichtigung bei der Mobilitätsorganisation der LP findet und die Verkehrsmittelwahl zu Gunsten des Umweltverbundes begünstigt (siehe Kap.4.2.6.2). Das Parkraummanagement liefert damit ein wesentliches Potential für eine verringerte Autonutzung. Die im Stadtteil Prenzlauer Berg aktuell umgesetzte Parkraumbewirtschaftung hat für die Anwohner eine Entspannung der Parksituation zur Folge. Auf diese Weise erfährt der private Auto-Besitz bei den Anwohnern zunächst eine Attraktivitätssteigerung. Um einen gegenteiligen Einfluss auf den Autobesitz auszuüben, wäre ein strikteres Parkraummanagement notwendig, das beispielsweise über eine Änderung der Bauordnung bzw. der Ausführungsvorschrift für Stellplätze, eine zahlenmäßige Begrenzung der vorgehaltenen Stellplätze bei Neubaumaßnahmen festsetzt.¹⁵⁶ Im privaten Bereich wären bei Mietneubauten keine mieter eigenen Tiefgaragenplätze erlaubt (zukünftige Mieter hätten keinen „sicheren“ Stellplatz) und im Einzelhandel würden bei reduziertem Stellplatzangebot regelmäßige Großeinkäufe unattraktiver und eine nahräumliche Versorgung würde an Attraktivität gewinnen.

Die Verknappung von Parkraumangebot reduziert den derzeit noch als relativ bequem wahrgenommenen Zugang zum Auto und trifft zunächst alle Nutzer des MIV. Um die Wirksamkeit dieser Maßnahme zu erhöhen sollten im Rahmen eines differenzierten Parkraummanagements parallel Maßnahmen zur Entlastung des Parkraumdrucks für Nutzer alternativer MIV-Angebote (Carsharing, privates Autoteilen) eingeführt werden (siehe unten).

Einen weiteren Anknüpfungspunkt für regulatorische Maßnahmen bieten die Autokosten.

Die Autokosten wurden durchgehend als einer der Hauptgründe für eine mögliche Autoabschaffung genannt und in drei der untersuchten Fälle bereits zu der Entscheidung geführt hat, in Zukunft auf das Auto zu verzichten. Die Erhöhung der Autokosten (z. B. durch Steuern, Versicherungen) würde alle Autobesitzer treffen und vor allem diejenigen noch stärker dazu drängen ihr Mobilitätsverhalten zu reflektieren, die alternative Mobilitätsoptionen haben. Wenn gleichzeitig finanziell attraktive und flexibel nutzbare Mietwagen- und Carsharing-Angebote bereitgestellt werden, könnte diese Maßnahme insbesondere Personen aus der Gruppe der „Vorhalter“ dazu bewegen, ihr Auto abzuschaffen.

Es hat sich bestätigt, dass bei den Autokosten, die *Total Cost of Ownership* nicht vollumfänglich wahrgenommen werden: Während einige Probanden einen vollständigen Kostenvergleich (jedoch ohne die indirekten Kosten, die der Gemeinschaft durch Luftverschmutzung, Krankheiten u. ä. entstehen) zwischen Auto und ÖPNV berücksichtigen, stellen andere Probanden die Park- und Benzinkosten in den Vordergrund ohne die Unterhaltungskosten des Autos einzubeziehen. Die Verfügbarkeit einer App, die einen vollständigen Kostenvergleich nach individuellen Parametern zwischen den Verkehrsmittelmöglichkeiten liefert, würde die Nutzer in ihrer Mobilitätswahl unterstützen. Diese Maßnahme zielt vor allem darauf, über eine Nutzungsreduzierung nachzudenken und damit die grundsätzliche Bereitschaft zur Autoabschaffung zu stärken. Besonders Personen aus der Gruppe der „Optionisten“ aber auch einige der „Priorisierer“ könnten im Ergebnis mittelfristig in die Gruppe der „Vorhalter“ wechseln und in Zukunft ihre Verkehrsmittelwahl noch stärker multimodal gestalten. Langfristig sind möglicherweise einige von ihnen bereit, ganz auf das eigene Auto zu verzichten.

Maßnahmen zur Erhöhung der Attraktivität der Alternativen des Umweltverbundes

Anknüpfend an die oben skizzierten Überlegungen einer restriktiveren Stellplatzverordnung könnte ein Bestandteil des Parkraummanagements bevorzugte Parkbedingungen für verschiedene Formen der geteilten Autonutzung beinhalten. Das Konzept reservierter Stellplätze für Carsharing, welches bereits in Prenzlauer Berg umgesetzt ist, könnte ausgeweitet werden und auch andere Formen des Autoteilens einbeziehen. Beispielsweise könnten auch Stellplätze für Anwohner, die sich ein Auto unter mehreren Haushalten teilen, im öffentlichen Parkraum einen reservierten Stellplatz zugewiesen bekommen. Mit dieser Maßnahme wurden besonders diejenigen Autobesitzer angesprochen, die derzeit noch ihr eigenes Auto vor allem für Transportzwecke innerhalb der Stadt behalten möchten. Deren Hemmschwelle, in Zukunft auf kommerzielle Carsharing-Angebote zurückzugreifen, könnte dadurch gesenkt werden. Darüber hinaus würde eine Erleichterung der gemeinschaftlichen privaten Autonutzung etwa durch attraktive Versicherungstarife, eine Priorisierung bei der Parkraumbewirtschaftung etc., Autobesitzer zum Autoteilen ermuntern.

Um die alternativen Angebote für LP interessanter zu gestalten, ist eine strukturelle Bevorzugung der Umweltverbund-Angebote gegenüber der privaten Autonutzung anzustreben. In einem konkurrierenden Verhältnis kann dieser Vorteil langfristig zu einer höheren Nachfrage der alternativen Angebote führen.

¹⁵⁶ Dies ist ein Ziel des aktuellen Berliner StEP Verkehrs 2011 (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung 2011)

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	55/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------

Für eine attraktivere Gestaltung der Fahrradnutzung und die intermodale Kombination von Fahrrad und ÖV, sind sichere und einfach zugängliche Fahrradabstellanlagen (Radboxen) an ÖV-Stationen und auf einem Teil der bisherigen Stellflächen zu empfehlen. Diese Maßnahme korrespondiert mit den Aussagen einer Reihe von Probanden, die derzeit ihr Fahrrad aus Sorge vor Diebstahl in den Keller oder in die Wohnung tragen müssten, was aber als zu umständlich abgelehnt wird und die daher auf eine Nutzung verzichten wird.

Als Alternative für nahräumliche Transporte wurde von einer Reihe von Probanden die Möglichkeit erwogen, Fahrrad-Transportanhänger zu nutzen. Um dieser prinzipiellen Bereitschaft entgegenzukommen wäre es empfehlenswert, lokale Ausleihstationen für Fahrradanhänger einzurichten.

Die Verkehrsverbünde könnten auf Mietwagen- und Carsharing-Angebote ausgeweitet werden und in ein übergreifendes Tarif und Abbuchungssystem integriert werden. Diese Maßnahme, die besonders diejenigen Autobesitzer ansprechen würde, die derzeit noch ihr eigenes Auto vor allem für Ausflüge außerhalb der Stadt und für Urlaubsfahrten behalten möchten, zielt auf die leichtere Planungs-, Buchungs- und Abrechnungsmöglichkeit multimodaler Angebote. Darüber hinaus kann die als aufwendig empfundene Organisation multimodaler Mobilität durch eine Mobilitätsplattform erleichtert werden, die unterschiedliche Nutzungs- und Informationsangebote (vgl. AP 4 und AP 5) beinhaltet und verknüpft. Dies kann die Planung einer kombinierten Nutzung von unterschiedlichen Verkehrsmitteln und Anbietern erleichtern. Denn der Aufwand für die Bewältigung eines multimodalen Mobilitätsalltags ohne eigenes Auto muss leicht routinisierbar sein. Von den LP und von den MoA wird die Möglichkeit, flexibel und spontan auf das Auto zugreifen zu können als eine wichtige Bedingung genannt. Besonders die Gruppe der „Priorisierer“ greift für bestimmte Wege oder Zwecke routinemäßig (und ohne die Möglichkeit der Nutzung anderer Verkehrsträger in Betracht zu ziehen) auf das private Auto zurück. Diese Routinisierung des Mobilitätsverhaltens gilt es auf den Umweltverbund zu übertragen. Dazu gehört ein ebenso einfacher wie umfassender Zugang zu Informationen über ein integriertes Verkehrsangebot, das als Verbund über Verkehrsträgergrenzen hinweg multimodal nutzbar sein sollte. Dazu sind unterschiedliche Formen der Kommunikation vorstellbar: Eine Möglichkeit wäre, das Angebot dezentraler Mobilitätsberatungsangebote auszubauen. Dort könnten beispielsweise anbieterübergreifende, gebündelte Informationen zum Carsharing zielgruppenspezifisch bereitgestellt werden, um den Zugang zu Informationen übersichtlicher zu gestalten und so zur Verringerung der Nutzungshemmnisse und zur Erhöhung der Nutzerakzeptanz beizutragen.

Durch Maßnahmen, die eine emotionale Bindung an den Umweltverbund fördern, könnte das Konzept der gemeinschaftlichen Nutzung bzw. des Teilens als erstrebenswerte Mobilitätsform zusätzlich gestärkt werden. Dem Wunsch nach Privatheit, die ein Motiv für die Autonutzung darstellt, kann durch Angebote des Umweltverbundes nur schwer entsprochen werden. Dennoch sollte ein gesteigerter persönlicher Bezug zu den Angeboten des UV in einem Maßnahmenpaket als Ziel berücksichtigt werden. Ein Schritt in diese Richtung könnte durch mehr Servicepersonal in Bus und Bahn erreicht werden. Die Initiierung einer „ÖPNV-Community“, die mit ihren Erfahrungen und ihrem Wissen „Neueinsteigern“ Hilfe und Unterstützung anbietet (z. B. ein ÖPNV-Wiki, ein BVG-Blog oder die Bildung von Mobilitätspaten bzw. -tandems zwischen Nutzer) wäre ein weiterer Ansatz. Dazu ist es auch relevant, dem öffentlichen Verkehr ein besseres Image zu geben. Dies kann sich durch zielgruppenorientierte Kommunikation in den Verkehrsmitteln und über den ÖPNV in den Lokalmedien ergeben, damit der ÖPNV eine stärkere Präsenz im alltäglichen Leben der Bevölkerung einnehmen kann. Anzustreben wäre die Weiterentwicklung des öffentlichen (Kollektiv)Verkehrs zu einer öffentlichen Mobilität, die alle Verkehrsmittel umfasst und einen „Hausanschluss für Mobilität gewährleistet“ (vgl. Schwedes 2014).

4.2.7.2 Anforderungen der Ladeinfrastruktur

Die Ergebnisse der Nutzer-Befragung bestätigen den Stand der Wissenschaft, dass sich die Etablierung einer Ladeinfrastruktur sowohl an der Nutzung des eigenen, wie auch des geteilten Elektroautos orientieren sollte (Fraunhofer IAO/PWC 2010, Ahrend et al. 2011). Im Rahmen dieser Untersuchung wurden diejenigen Bedürfnisse der LP identifiziert, die zur Nutzung des eigenen Autos führen. Diese dienen als Anhaltspunkte, von denen aus sich die hier formulierten Anforderungen an eine Ladeinfrastruktur ableiten lassen. Hierbei ist es wichtig, vor allem das Parkverhalten zu berücksichtigen, weil das Laden eines Elektroautos überwiegend mit Standzeiten von mehreren Stunden assoziiert und mit dem Parken gleichgesetzt wird (u. a. Papendick et al. 2011, Ahrend et al. 2011). Um Änderungen des alltäglichen Mobilitätsverhaltens zu vermeiden und insbesondere den Planungsaufwand nicht wesentlich zu erhöhen, bietet es sich daher an, das Laden mit dem Parken des Autos im wohnräumlichen Umfeld zu kombinieren.¹⁵⁷

¹⁵⁷ Diese Strategie wird durch die bisherigen Forschungsergebnisse unterstützt, die gezeigt haben, dass die Nutzer das Laden zu Hause und/oder am Arbeitsplatz bevorzugen (u.a. Ahrend et al. 2011, IZT 2012, Cocron, P. et al. 2011, Bozem et al. 2013)

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	56/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------

Wenngleich ein Stellplatz in unmittelbarer Nähe zur Wohnung präferiert wird, so zeigt die Untersuchung, dass ein Teil der Autonutzer eine hohe Toleranz für eine Parkmöglichkeit in fußläufig erreichbarer Entfernung hat. Daraus kann geschlossen werden, dass möglicherweise eine hohe Bereitschaft besteht, den Weg zu einem Anwohner-Parkhaus zurückzulegen.

Die untersuchten LP, die in einer parkraumbewirtschafteten Wohnumgebung leben, sind derzeit allerdings kaum bereit, mehr für das Parken auszugeben. Da die aktuellen Stellplatzsuchzeiten sowie die Entfernungen zum Wohnhaus bei dem geringen Preis, der für die Parkvignette zu zahlen ist, akzeptiert werden, ist unter den gegebenen Bedingungen zu erwarten, dass es auch weiterhin keine große Zahlungsbereitschaft für einen einfachen Stellplatz in einem Anwohnerparkhaus gibt.

Wird dieser Stellplatz in einem Anwohner-Parkhaus allerdings mit zusätzlichen Leistungen kombiniert (mehr Sicherheit, Ladestationen, individuellen Stauraum bspw. für Winterreifen oder Dachkoffer), dann wird mit der wachsenden Attraktivität dieser Stellplätze auch die Bereitschaft steigern, eine höhere Parkgebühr zu zahlen. Diese Kombination bietet ein hohes Potential für eine lokal konzentrierte Ladeinfrastruktur.

In der Annahme, dass die Nutzer darüber hinaus auch eine Analogie zwischen Kraftstofftanks und Elektroladen sehen, wurde auch dieser Aspekt im Rahmen der Untersuchung abgefragt. Erkenntnisse zur Organisation des innerstädtischen Tankverhaltens zeigen, dass ein Großteil der LP für den innerstädtischen Bedarf kaum das Volltanken praktiziert, sondern die Tankmenge an den Benzinpreis und den anstehenden Fahrbedarf anpasst (d. h. geringere Tankmenge bei hohem Benzinpreis; Volltanken vor längeren Fahrten). Jedoch konnte die Vermutung einer analogen Wahrnehmung von Tanks und Laden nicht bestätigt werden. Wegen der als besonders zeitintensiv erachteten Ladedauer von Elektroautos wurde stattdessen das Laden mit dem Parken des Autos gleichgesetzt. Solange die Ladedauer deutlich länger ist, als die Zeit, die für das Kraftstofftanken benötigt wird, können Erkenntnisse zum Tankverhalten nicht auf eine zukünftige Ladeinfrastruktur übertragen werden. Erst wenn Schnellladen innerhalb von wenigen Minuten möglich ist, sind Konzepte wie Ladestationen am Supermarkt oder in Form von klassischen Tankstellen sinnvoll.

Grundsätzlich werden die geringe Reichweite und die erwartete hohe Ladedauer von Elektroautos als problematisch betrachtet.¹⁵⁸ Ein Großteil der LP nutzt das Auto heute insbesondere für Freizeitziele außerhalb Berlins. Um die Flexibilität der Freizeitgestaltung nicht einzuschränken, sollten Schnellladestationen im Umland der Stadt innerhalb des Entfernungsradius für Tagesausflüge zur Verfügung stehen. Hier bieten sich sowohl verkehrsinfrastrukturell relevante Standorte an (z. B. Verkehrsknotenpunkte und Autobahnraststätten) als auch beliebte Freizeitziele (Ausgangspunkte für Aktivitäten in der Natur, Thermen, Seen etc.). Auf diese Weise kann die gewohnte individuelle Auto-Flexibilität auch bei der Nutzung eines Elektroautos beibehalten werden.

Im Falle von E-Carsharing und E-Mietwagenkonzepten bietet ein ins stadregionale Umland ausgedehntes Stationsnetz eine einfache Möglichkeit, das leergefahrene Leihauto für die Rück- oder Weiterfahrt gegen ein anderes mit vollgeladener Batterie auszutauschen.

4.2.8 Fazit und Forschungsbedarf

Im Rahmen dieses Arbeitspakets wurde eine Nutzeranalyse mit Hilfe qualitativer Interviews in Berlin – Prenzlauer Berg durchgeführt. Es wurden zwei Untersuchungsgruppen mit je 30 Befragten, die sich durch den Besitz eines privaten Autos unterscheiden, analysiert. Diese Gruppen wurden als Laternenparker sowie Multimodale ohne eigenes Auto bezeichnet. In beiden Gruppen wurden die Erfahrungen mit Verkehrsmitteln und daraus abzuleitende Anforderungen sowie die Einstellungen und Nutzungsmotive bezüglich der Verkehrsmittelwahl untersucht.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass eine multimodale Mobilität im verdichteten Innenstadtraum dominieren kann, woraus sich ein zielgruppenspezifisches Potential für alternative Mobilitätslösungen ohne eigenes Auto ergibt. Die Analyse der Einstellungen gegenüber den Verkehrsmitteln und der Autoabschaffung deutet an, dass das Auto dort schon heute eine stark eingeschränkte Rolle im multimodalen Alltag spielt. Die Laternenparker stellten sich bezüglich ihrer Autonutzung als eine überraschend heterogene Gruppe heraus. Eine genauere Analyse der Laternenparker hat gezeigt, dass sie sich bezüglich ihrer Bereitschaft, zukünftig auf das private Auto zu verzichten („Vorhalter“) oder die private Autonutzung zugunsten alternativer Verkehrsmittel zu reduzieren („Optionisten“ und „Priorisierer“), ausdifferenzieren. Basierend auf den Ergebnissen der Analyse wurden Anforderungen einer zukünftigen multimodalen Mobilität formuliert sowie verkehrspolitischer Handlungsbedarf abgeleitet, der speziell die Potentiale des Carsharing beinhaltet.

Die Umsetzung von verkehrspolitischen Maßnahmen, die einerseits eine private Autonutzung in der Stadt unattraktiv machen und andererseits die Weiterentwicklung von Carsharing-Systemen unterstützen, wäre

¹⁵⁸ Dies bestätigen bisherige Untersuchungen zu Einstellungen gegenüber Elektroautos sowohl bei Personen ohne wie mit Erfahrungshintergrund (u.a. Ahrend et al. 2011)

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	57/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

eine erste Anforderung. Beispielsweise konnte gezeigt werden, dass die Parksituation sowohl einen großen Einfluss auf die Autonutzung wie auf den Unterhalt hat. So könnte ein gezielter Einsatz des Parkraummanagements einen Beitrag zur Autoabschaffung und zur Bevorzugung von Carsharing leisten. Verbunden mit dem Streben nach einer weiteren Reduzierung der Schadstoffemission in der Stadt, stellt das E-Carsharing ein vielversprechendes Konzept dar, das im Rahmen der Befragung allerdings nur vereinzelt positiv angesprochen wurde.

Diese Maßnahmen sollten mit einer zweiten Anforderung zur Einführung integrierter nutzerorientierter Lösungen kombiniert werden. Der Aufbau einer Mobilitätsplattform könnte eine routinisierte Multimodalität ohne eigenes Auto ermöglichen. Diese könnte adressatenbezogen und nutzeradäquat Informationen zur Verfügung stellen und ein kombiniertes, systemübergreifendes Mobilitätsangebot bieten.

Für diejenigen Autonutzer, die zwar ihre private Autonutzung reduzieren, jedoch nicht auf den Besitz ihres eigenen Autos verzichten wollen, könnte das Elektroauto eine Alternative in einem künftigen Mobilitätsalltag werden, um die Anforderungen an eine individuelle Mobilität zu erfüllen. Damit wäre weniger eine flächenhafte als vielmehr eine bedarfsorientierte Ladeinfrastruktur notwendig, um die Elektromobilität zu forcieren, ohne die innerstädtische Automobilität zu fördern.

Jedoch gab es bezüglich der Option, ein eigenes Elektroauto anzuschaffen, eine deutlich kritischere Einstellung als vermutet. Zwar hat die Elektrofahrzeugnutzung erst einmal ein grundsätzlich positives Image, aber je intensiver sich die Probanden mit dem Thema bereits auseinandergesetzt hatten, desto ablehnender äußerten sie sich gegenüber einzelnen Aspekten von Elektroautos. Diese tendenzielle Ablehnung bezog sich dabei nicht nur auf die mögliche Nutzung (hier im direkten Vergleich zu ihren bisherigen MIV-Ansprüchen und -gewohnheiten), sondern auch auf gesellschaftliche und ökologische Zusammenhänge. So wurde bspw. mehrfach die Benutzung von Atom- oder Braunkohlestrom zum Laden des Autos kritisch angemerkt, wie auch der Bedarf seltener Rohstoffe bei der Produktion von Batterien und Hochleistungselektronik.

Dieser Unterschied bei der Akzeptanz von Elektrofahrzeugen je nach Einsatzzweck (privat oder im Carsharing) verstärkt den aktuellen Trend, Elektroautos vor allem im Flottenbetrieb von Carsharing einzusetzen. Dort können sie durch die geringeren Standzeiten wesentlich effektiver genutzt werden. Es findet eine Reduzierung der verkehrsinduzierten, innerstädtischen Schadstoffemission statt und durch den reduzierten Stellplatzbedarf wird der öffentliche Stadtraum zu Gunsten anderer Nutzungsformen entlastet.

Die Ergebnisse der Analyse bieten eine Reihe von Anknüpfungspunkten für anschließende Untersuchungen. Der Fokus sollte dabei nicht nur auf den Laternenparker liegen, sondern auf den Multimodalen ohne Auto. Die unterschiedlichen Haushaltsgrößen die für die beiden Gruppen in der Sekundäranalyse festgestellt werden konnten, deuten darauf hin, dass ein Teil der Multimodalen ohne Auto z. B. bei Gründung einer Familie zur Gruppe der Laternenparker wechselt. Hier wäre es interessant zu identifizieren, mit welchen Maßnahmen heutige Multimodale ohne Auto auch weiterhin multimodal mobil bleiben können, ohne sich ein eigenes Auto anschaffen zu müssen – und dann möglicherweise langfristig ihre routinisierte Nutzung des Umweltverbundes verlernen.

Als ein wichtiger Teil des Erfahrungshintergrunds und damit wesentlicher Einflussfaktor für die Mobilitätskompetenz und das aktuelle Verkehrsverhalten (siehe Kap. 4.2.6.3) sollte in weiteren Untersuchungen die Mobilitätssozialisation der Laternenparker und Multimodalen ohne Auto einbezogen werden.

Die Untersuchung hat gezeigt dass die Motive Urlaub und Ausflüge ein wesentlicher Grund für eine Beibehaltung des Autos sind, während deren innerstädtischer Mobilitätsbedarf oftmals multimodal abgedeckt wird. Entwicklungen von Angeboten, die innerstädtische Mobilitätskonzepte ohne eigenes Auto um eine stadregionale Perspektive erweitern, wären in der Lage, für diese Mobilitätsansprüche attraktive, alternative Verkehrsformen anzubieten.

Eine weitergehende Typisierung der Laternenparker, die eine Prädisposition zur Autoabschaffung haben, unter Berücksichtigung unterschiedlicher Stufen der Verhaltensänderung, könnte die Entwicklung zielgruppenspezifischer Maßnahmen der Verhaltensänderung und Entwicklung spezifischer Steuerungsmöglichkeiten unterstützen.

Eine Folgestudie könnte verkehrspolitische Maßnahmen wie die Weiterentwicklung des hier untersuchten Parkraummanagement sowie die Etablierung einer integrierten Mobilitätsplattform unterstützen und deren Wirksamkeit bewerten.

4.3 V2G-Ladepunkte und Autos (AP3) -> Siemens Corporate Technology

Ein Ziel des Projektes war die Darstellung der möglichen Verknüpfung von Mobilitäts- und Energienetz. Das betrachtete Gesamtsystem im City2.e besteht aus der intermodalen Mobilitätsplattform CieMP, der realen

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	58/ 136
---	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Verkehrssituation, die durch eine Flottensimulation abgebildet wird, einer bestimmten Menge betrachteter Elektroautos und dem elektrischen Verteilnetz auf Strassenzugenebene, hier abgebildet in der Smart-Grid-Simulation.

Alle Kunden-, Buchungs- und Routendaten der Elektrofahrzeuge sind in der CieMP (siehe Kapitel 3.4) hinterlegt. Dort liegen auch die Informationen über den aktuellen Verkehrszustand vor. Zum Zwecke der Demonstration wird eine reale Verkehrskulisse mit Hilfe einer Flottensimulation (Simulation Verkehrswegenetz und Verkehrsfluss, Energieverbrauch, Routen) dargestellt. Diese hat eine Schnittstelle zur CieMP, über die die Informationen zum Start des Fahrzeuges, der aktuellen und der Zielposition, des State-of-Charge und der Umplanungen aufgrund von Störungen ausgetauscht werden. Die Plandaten der CieMP werden über eine zweite Schnittstelle der Smart Grid Simulation zur Verfügung gestellt. Die Smart Grid Simulation bekommt neben den Plandaten aller Fahrzeuge aus der CieMP fortlaufend aktuelle Ist-Daten der in der Flottensimulation verfolgten Elektrofahrzeuge. Diese Ist-Daten beinhalten den SoC sowie An- und Abmeldung an Ladepunkten. Die Smart Grid-Simulation meldet der Flottensimulation periodisch den SoC. In die Smart Grid Simulation eingebunden sind auch die zwei realen im Projekt weiterentwickelten 800V Stromos mit bidirektionaler Ladeelektronik. Diese werden zusammen mit den in der CieMP und der Flottensimulation virtuell erzeugten und verwalteten Fahrzeuge innerhalb der Smart Grid Simulation berücksichtigt und real gesteuert geladen bzw. entladen. Die Smart Grid Simulation betrachtet den Netzzustand auf Straßenzug Ebene und nutzt die betrachteten Autos für VPP Ansätze.

In den Unterkapiteln werden die Systembestandteile Smart Grid Simulation, Flottensimulation und bidirektional ladbare V2G-Fahrzeuge näher beschrieben. Zur Demonstration einer integrierten Energienetz- und Mobilitätsnetzlösung wurden die im Projekt entwickelten Systembestandteile verknüpft und ein Beispielszenario durchgespielt. In Kapitel 3.3.4 wird das am 06.11.2013 in München in einer Live-Demo vorgeführte Beispielszenario erläutert.

4.3.1 Smart Grid Simulations- und Regelsystem

Um die Komplexität zukünftiger urbaner Szenarien mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energien und Elektrofahrzeugen zu beherrschen, wird im Folgenden ein selbst-organisierendes Energieautomatisierungssystem beschrieben.

Grundlage des Regelsystems ist die Referenzarchitektur SOEasy, die bereits im Forschungsprojekt IRENE evaluiert wurde. Die Referenzarchitektur zeichnet sich dadurch aus, dass die Komplexität durch den Einsatz von sogenannten Smart Energy Agents reduziert wird. Diese Agenten optimieren lokale Energieressourcen, wie zum Beispiel eine Anzahl von Ladestationen für Elektrofahrzeuge oder Photovoltaikanlagen.

Die Koordination zwischen den einzelnen Agenten erfolgt dann über eine marktbasiertere überlagerte Regelung auf Basis des Austausches von Mengen und Kosten/Preisen für festgelegte Zeitintervalle.

Da so die internen Zustände, Optimierungen und Eigenschaften der Energieressourcen gekapselt werden und nach oben nicht sichtbar werden, können verschiedenste Prosumer gleichzeitig koordiniert werden, um ein sogenanntes Virtual Power Plant (VPP) zu bilden, obwohl es sich um so unterschiedlich Ressourcen wie eine Kraftwärmekopplungsanlage oder ein Elektrofahrzeug handeln kann.

Im Folgenden wird zunächst die Referenzarchitektur mit ihren Komponenten kurz dargestellt. Danach wird dann auf die konkrete Realisierung der Architektur im Rahmen des Projektes City2.e mit seinem Fokus auf die Optimierung des Ladeverhaltens von Elektrofahrzeugen eingegangen.

Referenz Architektur SOEasy

Das City2.e-Regelungssystem basiert auf der Siemens SOEasy Referenz-Architektur für Smart Grid Systeme, wie sie bereits im Forschungsprojekt IRENE¹⁵⁹ für die Integration von erneuerbaren Energien in ein ländliches Verteilnetz eingesetzt wurde¹⁶⁰.

Deshalb wird nun ein kurzer Überblick über die relevanten Komponenten der Architektur, deren Verantwortlichkeiten und Interaktionen untereinander, gegeben. Es werden auch solche Komponenten beschrieben, die nicht im Projekt City2.e zum Einsatz gekommen sind, soweit dies dazu dient, die erarbeiteten Projektergebnisse in ihren erweiterten Kontext einzuordnen.

Komponenten

Die SOEasy Referenz-Architektur setzt sich aus den folgenden Komponenten zusammen:

¹⁵⁹ C. Böse, C. Hoffmann, C. Kern, M. Metzger; *New Principles of Operating Electrical Distribution Networks with a high Degree of Decentralized Generation*; 20th International Conference on Electricity Distribution, Prague (2009)

¹⁶⁰ www.projekt-irene.de

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	59/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

- Network Transport Agent (NTA)
- Area Administrator (AA)
- Balance Master (BM)
- Personal Energy Agent (PEA)

Im Projekt City2.e lag der Schwerpunkt zunächst auf dem Wechselspiel zwischen PEA und Balance Master, wobei die Implementierung eine spätere Integration mit AA und NTA im Rahmen von Folgeaktivitäten immer erlauben sollte.

Network Transport Agent – NTA

Die Aufgabe des Network Transport Agent ist das Schätzen des aktuellen Netzwerkzustandes so wie die Detektion von Grenzwertüberschreitungen im Netzwerk.

Zu diesem Zwecke erhält der NTA Messwerte aus dem elektrischen Netzwerk. Entweder werden diese Messwerte direkt von Messgeräten zur Verfügung gestellt, oder der NTA erhält die Messwerte von einem SCADA System.

Genutzt werden die Daten der Netzwerkzustandsschätzung durch den Area Administrator, der diese Daten am NTA abfragt.

Area Administrator – AA

Aufgabe des Area Administrators ist die Konfiguration der lokalen Regler, so dass unerwünschte Zustände des elektrischen Netzes vermieden werden, und die Eingriffe in den autarken Betrieb der Aktuatoren möglichst gering sind.

Der NTA stellt dem AA eine Netzzustandsschätzung zur Verfügung, die wiederum die Basis für die Berechnung der optimalen Konfiguration der lokalen Regler darstellt.

Die optimale Konfiguration wird dann an die Personal Energy Agents (PEA) geschickt, die die lokalen Regelstrategien auf den Aktuatoren umsetzen.

Balance Master – BM

Die Aufgabe des Balance Masters ist die Koordination der Energieproduktion und des Energieverbrauchs in einem Netzwerkabschnitt.

Der BM eröffnet zu diesem Zweck Auktionen¹⁶¹. An diesen nehmen die PEAs Teil, indem sie Angebote in Form von Energie-Mengen und Preisen an den BM senden. Energienachfrage und Energieangebote werden im Rahmen eines Clearings konsolidiert. Die resultierenden Energiemengen für ein Zeitintervall werden dann an die PEAs weitergeleitet.

Personal Energy Agent – PEA und Operation Manager – OM

Die Aufgabe des Personal Energy Agents ist die Koordinierung des lokalen Verhaltens einer Menge Aktuatoren mit der überlagerten Regelung durch Balance Master und Area Administrator.

Der PEA empfängt vom AA die Auswahl und Konfiguration der lokalen Regelstrategie für die angeschlossene Aktuatoren und die dazugehörigen Messgeräte, siehe Abbildung 30. Aufgabe des PEAs ist die lokale Umsetzung der Regelstrategie.

Der PEA nimmt an Auktionen des BMs teil, siehe Abbildung 30. Aufgabe des PEAs ist die lokalen Bedürfnisse in Angebote umzusetzen und die resultierenden Fahrpläne einzuhalten.

Für jede Energieressource beinhaltet der PEA einen sogenannten Operation Manager, der ein Model, seine Parametrisierung und gegebenenfalls eine Optimierungsstrategie für diese Ressource enthält.

¹⁶¹ C. Böse, C. Hoffmann, C. Kern, M. Metzger; *New Principles of Operating Electrical Distribution Networks with a high Degree of Decentralized Generation*; 20th International Conference on Electricity Distribution, Prague (2009)

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	60/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

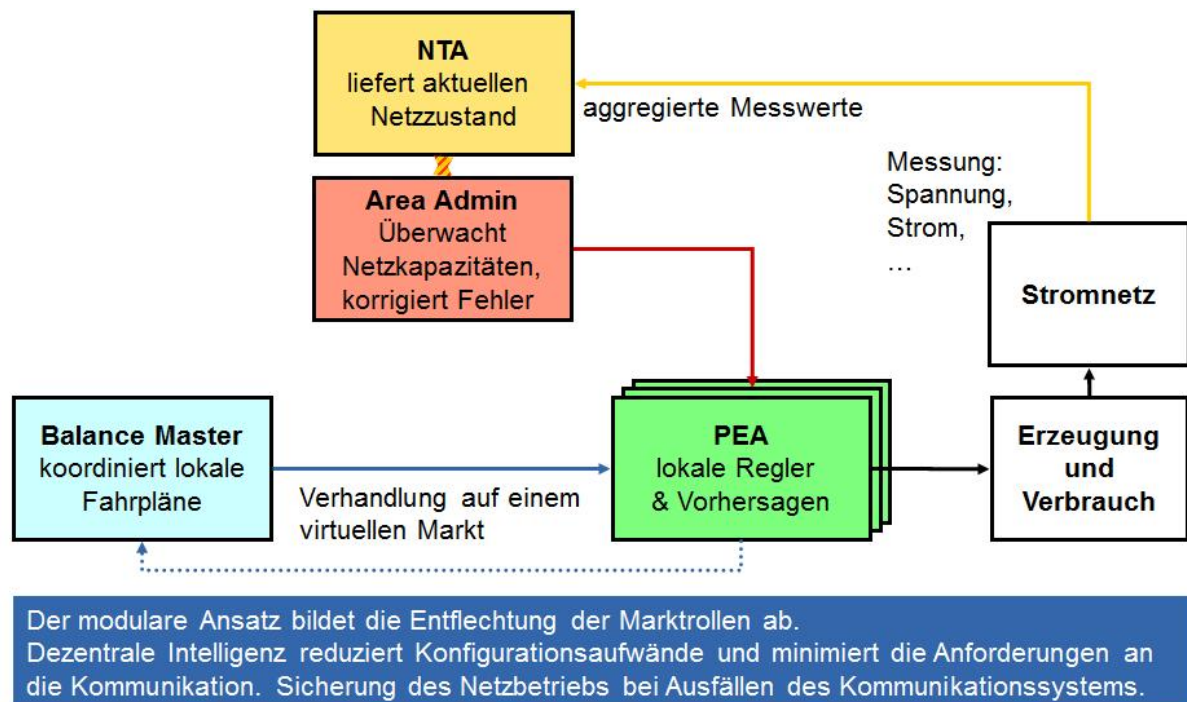


Abbildung 30: Übersicht des SOEasy Regelkreises

4.3.1.1 City2.e Smart Grid System

Im Projekt City2.e wurde auf Basis des oben geschilderten Regelsystems ein Parkplatz für Elektrofahrzeuge mit 10 Ladesäulen in ein Virtual Power Plant integriert. Fahrzeuge und Ladesäulen erlaubten sowohl das Laden aus dem Netz als auch die Rückspeisung ins Netz.

Ziel war es, eine lokale Optimierung bezüglich Energiekosten und Abnutzungskosten der Batterie in ein übergeordnetes VPP zu integrieren.

Die folgende Abbildung 31 zeigt einen Überblick über die beteiligten Komponenten und ihre Schnittstellen.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	61/ 136
--	--------------------------------	-----------------------------	------------

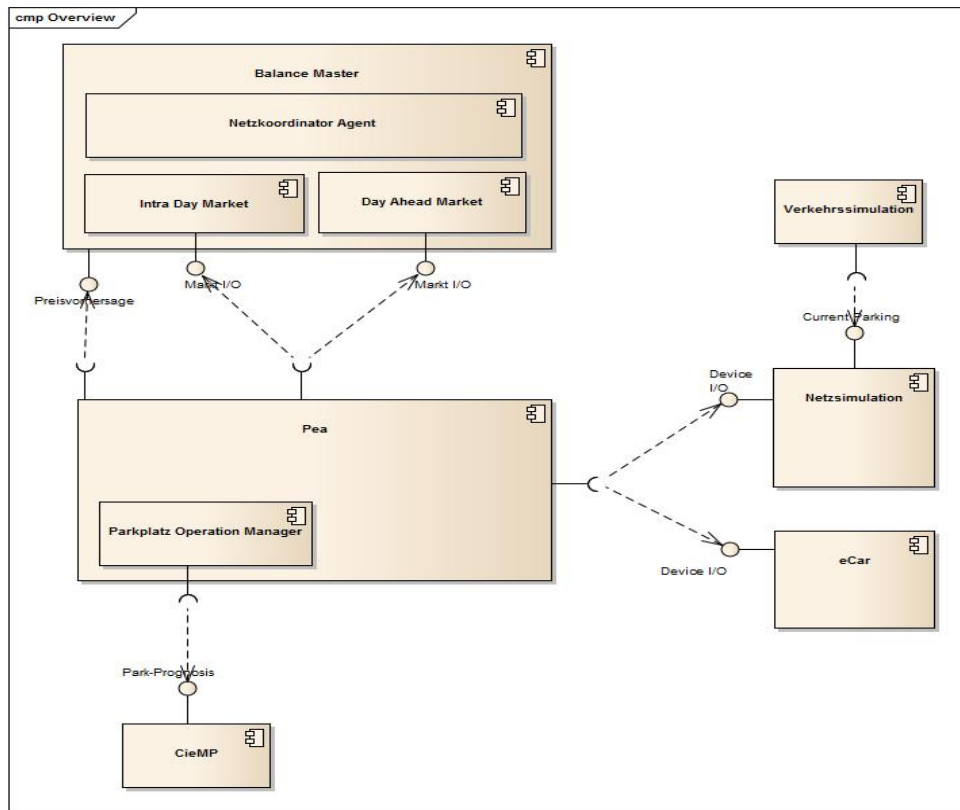


Abbildung 31: Komponenten und ihre Schnittstellen

Balance Master

Die Aggregation verschiedener Energieressourcen zu einem Virtual Power Plant erfolgt im Rahmen von SOEasy im Balance Master.

Die dem VPP zugeordneten Energieressourcen wie zum Beispiel Photovoltaikanlagen, Blockheizkraftwerke oder Parkplätze mit angeschlossenen Elektrofahrzeugen werden durch ihre PEAs an den Märkten des BM vertreten.

Der Energiebedarf, der durch das VPP zu gegebenen Kosten zu erbringen ist, wird durch einen weiteren PEA repräsentiert. Dieser sogenannte Netzkoordinator-PEA bringt die externen Vorgaben an das VPP an den Märkten des BM ein.

Die im Balance Master realisierten Marktmechanismen werden so genutzt den externen Bedarf mit den intern zur Verfügung stehenden Ressourcen kostenoptimal zu decken.

Im Projekt City2.e wurde ein BM mit zwei Märkten realisiert. Einem Day-Ahead Market mit 96 Zeitintervallen von je 15 Minuten für die nächsten 24 Stunden und einem Intra-Day Spotmarket mit Zeitintervallen von 15 Sekunden.

Der Day Ahead Market erlaubt dem VPP und den unterlagerten PEAs langfristige Planung und Optimierung während der Intra-Day Market der Kompensation von Planungsabweichungen dient.

Parkplatz Operation Manager

Die Aufgabe des Operation Manager als Teil des PEAs ist es, die Vorgaben des VPPs, bzw. die Marktsituation im Balance Master, in möglichst optimaler Art auf die angeschlossenen Elektrofahrzeuge umzusetzen.

Dafür minimiert der Operation Manager die Zielfunktion, die gegeben ist durch die Summe der Energiekosten abzüglich der Erlöse aus der Rückspeisung von Energie ins Netz und den geschätzten Alterungskosten, die der Batterie durch die Lade- und Entladevorgänge entstehen.

$$\int_{0..T} p_{el}(t)P_{VPP}(t) - \sum_{i \in EVs} \text{aging_cost}(P_i(t)) dt$$

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	62/ 136
---	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Dabei werden zusätzlich folgende Randbedingungen eingehalten:

Die Leistung am gemeinsamen Netzanschlusspunkt aller Ladesäulen ist begrenzt durch $P_{grid\ max}$.

Der Betrag der Leistung von und zu jedem Elektrofahrzeug ist begrenzt durch $P_{car\ max, i}$. Der Index i läuft hierbei über alle Fahrzeuge, d.h. der Grenzwert kann fahrzeugspezifisch sein.

Der Ladezustand ist für jedes Fahrzeug zum geplanten Abfahrtszeitpunkt größer einem von außen vorgegebenen Wert, d.h. $SOC(t_{departure, i}) > SOC_{departure, i}$.

Die Unterteilung des VPP in eine marktbasierende Aggregation und sich lokal optimierende Agenten bietet zwei wesentliche Vorteile. Da die Marktalgorithmen sehr gut in der Anzahl der Teilnehmer skalieren, können auf diese Art sehr viele Energieressourcen, mit möglicher Weise sehr kleinen Beiträgen, effizient aggregiert werden. Zusätzlich erlaubt die abstrakte Marktschnittstelle, die sich nur über Mengen und Preise austauscht, den Besitzern der Energieressourcen, die genauen Parameter, Zustände und Randbedingungen ihrer Anlagen nicht offen legen zu müssen.

Simulation

Um die Komponenten des Regelsystems und mögliche Varianten zu testen und zu evaluieren, so wie um den Aufbau eines Pilotsystems im Rahmen von Folgeaktivitäten vorzubereiten, wurde eine Simulation eines Verteilnetzes benötigt. Zu diesem Zwecke wurde die Simulations-Plattform CoSMOS (Complex Systems Modeling, Optimization, Simulation) von Siemens CT zur komplexen Leistungsfluss-Analyse eingesetzt.

Die implementierten Regelungskomponenten wurden über ein IP-Netzwerk an das Echtzeit-Simulationsmodell angekoppelt. Über diese Schnittstellen können die Sollwerte für Wirk- und Blindleistung an den Netzanschlusspunkten vorgegeben und die simulierten Messwerte für Wirk- und Blindleistung sowie Spannung und Ströme ausgelesen werden.

Zusätzlich wurde eine Schnittstelle zu der Verkehrssimulation geschaffen. Über diese Schnittstelle können die Eigenschaften der Ladesäulen in Abhängigkeit von den angeschlossenen Elektrofahrzeugen vorgegeben und ausgelesen werden, insbesondere der aktuelle State of Charge, die maximale Kapazität der Batterie und eine Fahrzeug-Identifikationsnummer, die dazu dient, die Fahrzeug mit den Prognosen aus der CiEMP abzugleichen.

4.3.1.2 Interfaces und Ablauf

Day Ahead Planung

Zur Planung des Energieprofils für den nächsten Tag führt der Parkplatz-PEA folgende Schritte aus (siehe auch Abbildung 32):

- 1.) Der PEA kontaktiert einen Prognosedienst, der eine Vorhersage über den Energiepreisverlauf zur Verfügung stellt. Im Rahmen des Projektes City2.e wurde die Information durch den Balance Master bereitgestellt.
- 2.) Der PEA fragt die Parameter der Auktion für den nächsten Tag am Day-Ahead Markt des Balance Masters ab.
- 3.) Der Operation Manager, als Teil des PEAs, kontaktiert die CiEMP und erfragt die Prognose zur Parkplatzbelegung für den nächsten Tag zusammen mit dem geschätzten Energiebedarf für die zu erwartenden Fahrzeuge.
- 4.) Die Operation Manager nutzt die Informationen um einen kostenoptimalen Lade- bzw. Entladefahrplan zu berechnen.
- 5.) Der berechnete Fahrplan wird dann am Day-Ahead Markt als Gebot platziert.
- 6.) Nach Ende der Auktion fragt der PEA das aus den Zuteilungen am Markt resultierende Energieprofil am Day-Ahead Markt ab.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	63/ 136
---	---------------------------------------	------------------------------------	------------

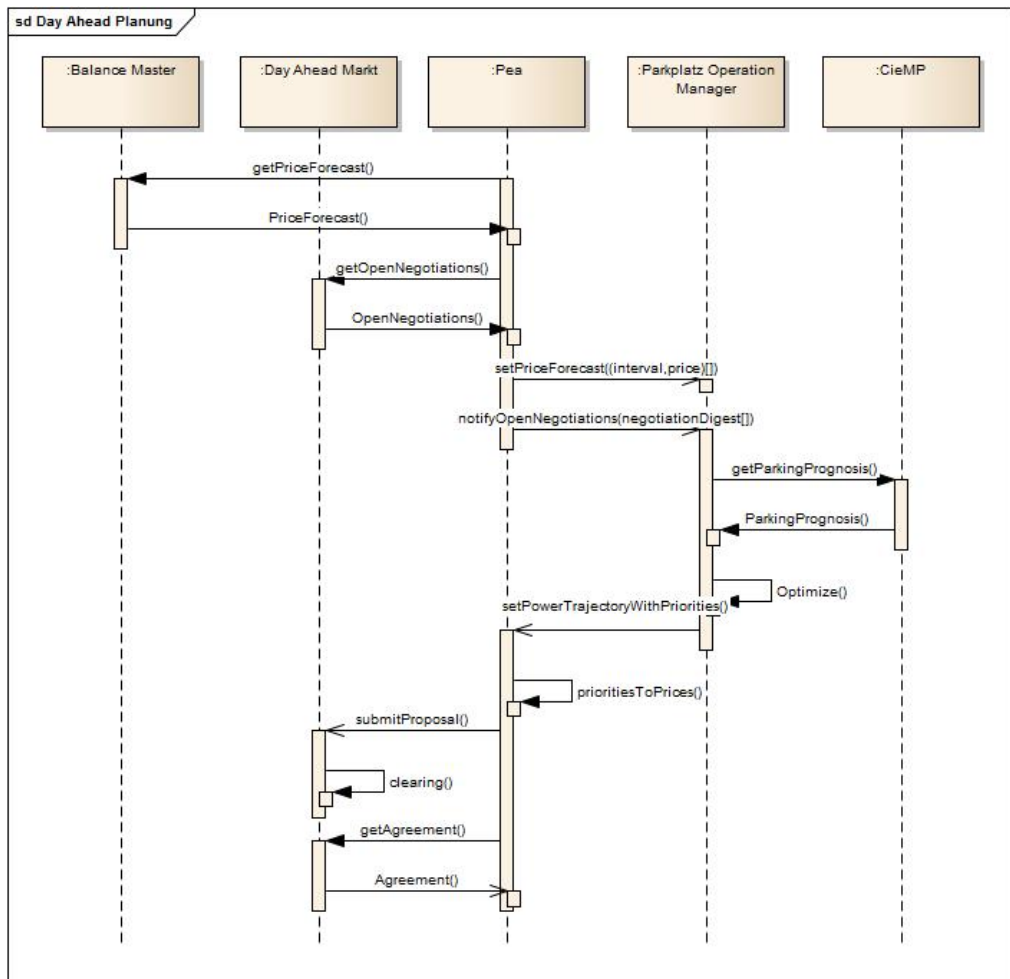


Abbildung 32: Sequenzdiagramm des Ablaufs einer Day Ahead Planung

Abbildung 33 zeigt beispielhaft die Planung eines Parkplatz PEAs am Day Ahead Markt. Das Szenario hierfür ist bestimmt durch drei Hochpreisphasen (siehe Tabelle 3) und insgesamt 5 Elektrofahrzeuge (siehe Tabelle 4).

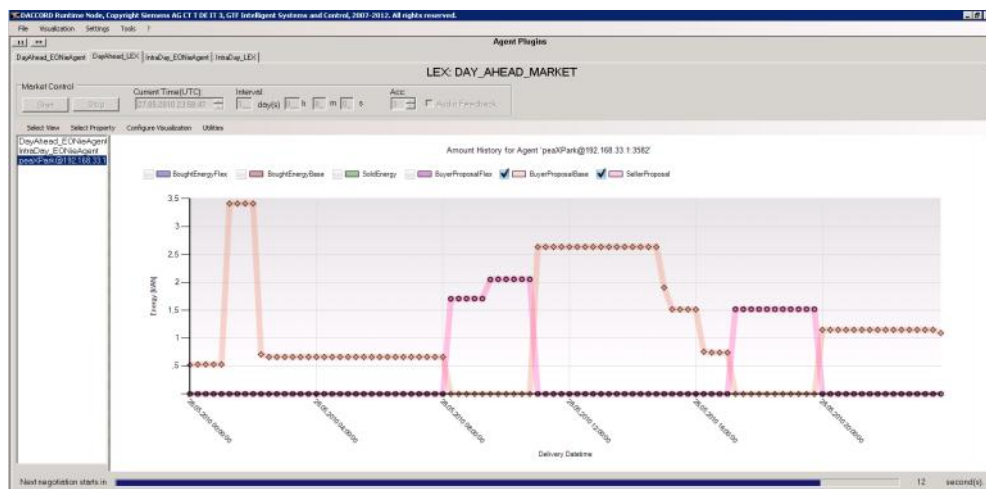


Abbildung 33: Screenshot des Day Ahead Marktes für ein Beispiel mit 5 Elektrofahrzeugen und 3 Hochpreisphasen

Tabelle 3: Beginn und Ende von Hochpreisphasen

Beginn	Ende
0:00	1:00
8:00	11:00
17:00	20:00

Tabelle 4: Geplante Ankunft und Abfahrt der Elektrofahrzeuge sowie der erwartete State of Charge

State of Charge	Ankunft	State of Charge	Abfahrt
12%	0:00	80%	2:15
20%	8:15	80%	16:15
20%	9:30	90%	15:05
20%	0:00	90%	23:59

Intra- Day Planung

Für die Ermittlung der Gebote am Intra-Day Spotmarkt führt der Parkplatz PEA folgende Schritte durch (siehe Abbildung 34):

- 1.) Der PEA kontaktiert den Intra-Day Markt des Balance Masters und erfragt die Parameter der offenen Auktionen.
- 2.) Parallel hierzu erfragt der Operation Manager, als Teil des PEAs, kontinuierlich den Belegungszustand der Ladesäulen der ihm zugeordneten Parkplätze.
- 3.) Dann erfragt der Operation Manager die aktuelle Prognose für den Belegungszustand der Parkplätze und den Energiebedarf der Elektrofahrzeuge für die nächsten 24 Stunden bei der CiMP.
- 4.) Wie bei der Day-Ahead Planung wird diese Information wieder für eine Kostenoptimale Planung genutzt.
- 5.) Das resultierende Energieprofil wird mit den bestehenden Kontrakten aus vergangenen Verhandlungen verglichen und die Differenz wird als Angebot am Spotmarkt platziert.
- 6.) Im Anschluss an die Auktion ruft der PEA die resultierenden Kontrakte am Intra-Day Markt ab.

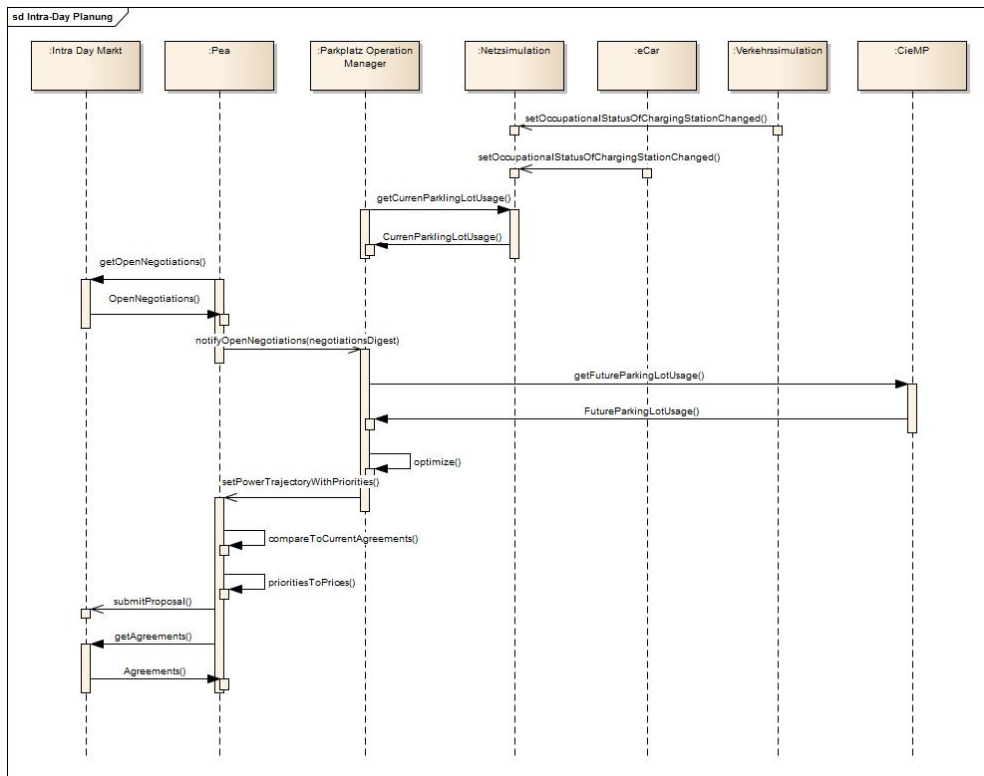


Abbildung 34: Sequenzdiagramm des Ablaufs einer Intra-Day Planung

Abbildung 35 zeigt beispielhaft die Planung eines Parkplatz PEAs am Intra-Day Markt.

Gezeigt ist ein Szenario mit am Anfang geringen Abweichungen zur Day-Ahead Markt-Prognose. Dann jedoch kommt ein Fahrzeug ungeplant an einer Ladesäule an. Der Energiebedarf dieses Fahrzeugs muss dann vollständig über den Intra-Day Markt abgewickelt werden.

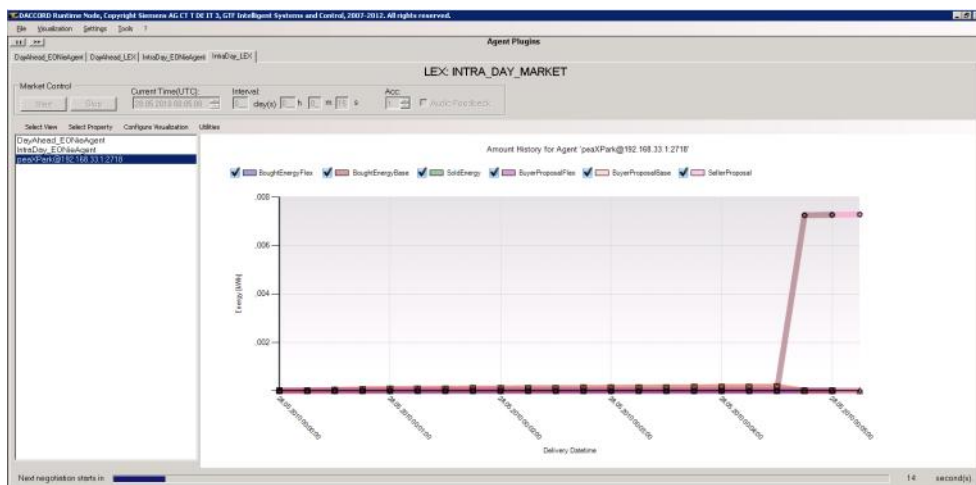


Abbildung 35: Screenshot des Intra-Day Markts für ein Beispiel mit einem ungeplant ankommenden Elektrofahrzeug

Sollwertvorgabe

Für die Sollwertvorgabe wird die Summe der an den Märkten verhandelten Energiemenge auf die tatsächlich zu diesem Zeitpunkt angeschlossenen Fahrzeuge verteilt (siehe Abbildung 36).

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	66/ 136
---	---------------------------------------	------------------------------------	------------

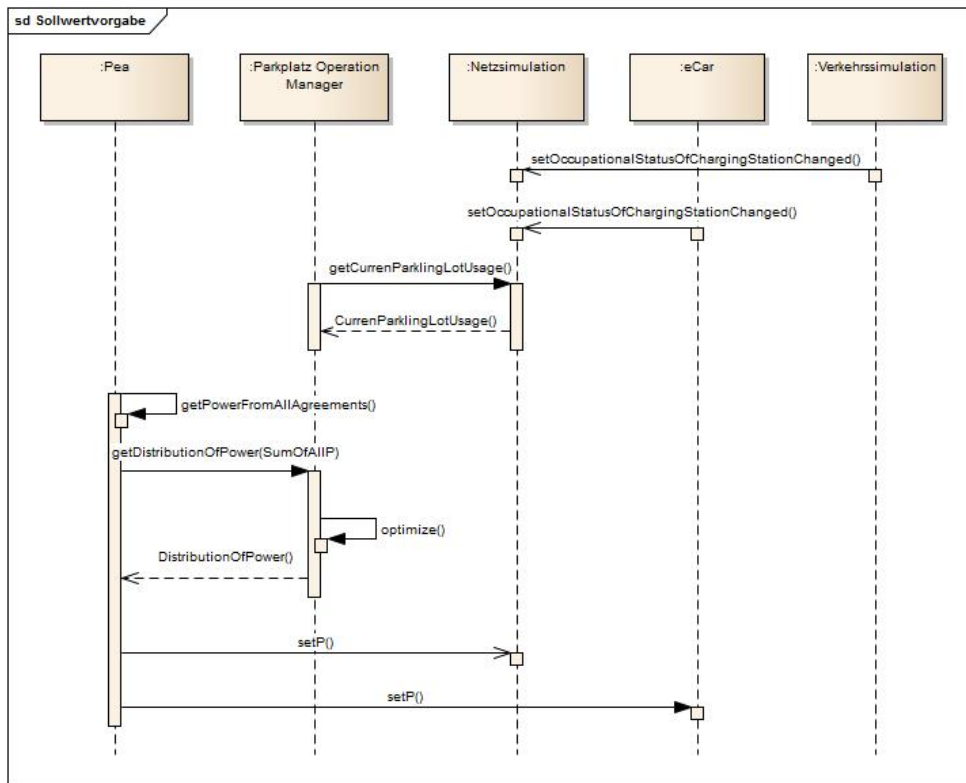


Abbildung 36: Sequenz Diagramm für den Ablauf der Sollwertvorgabe

Abbildung 37 zeigt das simulierte Verteilnetz im User-Interface der Lastflussanalyse. Beispielhaft ist das Lade- bzw. Entladeverhalten dreier Fahrzeuge gezeigt und deren Einfluss auf die Spannung am gemeinsamen Anschlusspunkt.

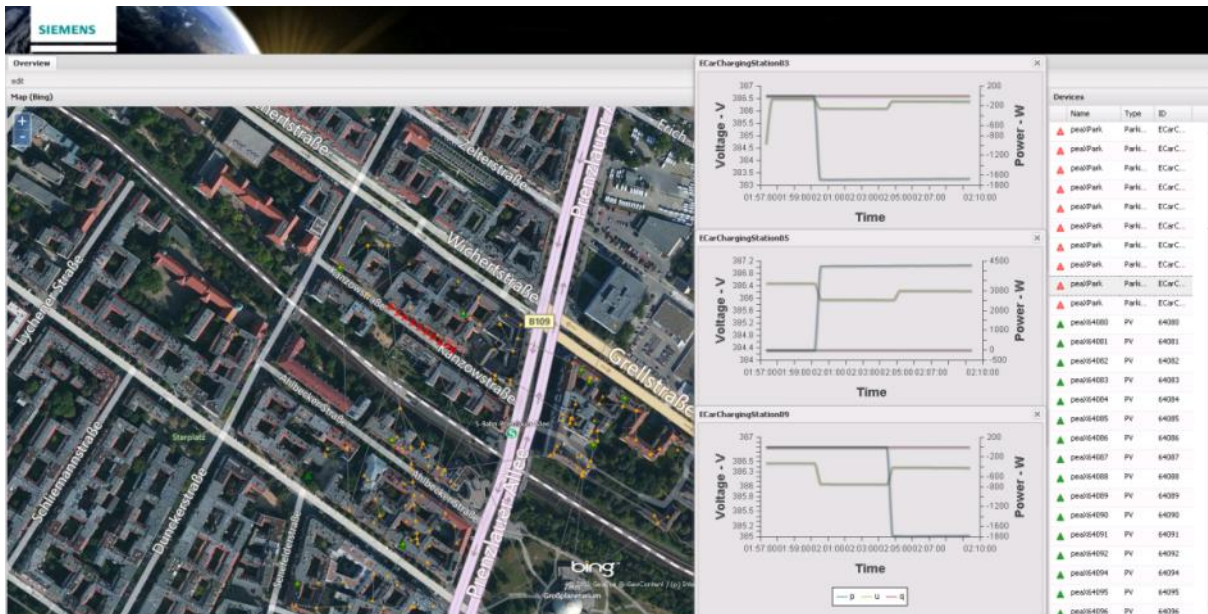


Abbildung 37: User Interface der Lastflusssimulation

4.3.2 Flottensimulation

Die Flottensimulation hat den Sinn und Zweck, eine Verkehrssimulation mit einer Vielzahl von Fahrzeugen (mit und ohne Elektroantrieb) bereitzustellen. Motiviert ist die Flottensimulation durch eine geringe Anzahl an

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	67/ 136
---	---------------------------------------	------------------------------------	------------

realen Elektrofahrzeugen. Insofern unterstützt die Flottensimulation in erster Linie das SmartGrid/Vehicle2Grid, indem Elektrofahrzeuge sich in einer Echtzeitsimulation mit simuliertem Energieverbrauch bewegen und an Ladesäulen eintreffen, wo sie vom SmartGrid beispielsweise zur Stabilisierung des Stromnetzes disponiert werden können.

Die Flottensimulation ist prinzipiell zweigeteilt: Zum einen erfolgt eine konfigurierbare Simulation von mehreren Fahrzeugen, quasi als „Hintergrundverkehr“. Zum anderen gibt es dedizierte Fahrzeuge, die im Gesamtverkehr hinsichtlich ihrer Route kontrolliert werden können. Letzteres ermöglicht eine Kontrolle über individuelle Elektrofahrzeuge zwecks CieMP-Routenplanung bzw. Disposition von Fahrzeugen durch das SmartGrid. Das heißt, diese Fahrzeuge lassen sich individuell steuern und z.B. vom SmartGrid bei Ankunft an Ladesäulen disponieren.

Damit stellt die Flottensimulation das zentrale Bindeglied zwischen CieMP (City2e Mobilitätsplattform mit der Bereitstellung eines nachhaltigen integrierten Mobilitätskonzepts) und dem SmartGrid dar, indem es die Elektrofahrzeuge einschließlich ihres Zustands verwaltet. Elektrofahrzeuge werden von der CieMP gestartet und zu geplanten Zielen geschickt, bzw. es kann auch eine Neuplanung der Route mit einer entsprechenden Umlenkung erfolgen. Auf diese Weise lassen sich Auswirkungen der intermodalen Routenplanung auf das SmartGrid analysieren, wenn sich beispielsweise aufgrund der Wetterbedingungen das Nutzungsverhalten durch Umstieg auf den ÖPNV ändert.

Zu den Aufgaben zählt eine Stadtverkehrssimulation in Echtzeit mit einem typischen Verkehrsaufkommen, aber auch das Starten von Elektrofahrzeugen, die Verwaltung/Ankunft an Ladesäulen, Verkehrsstaus etc.. Elektrofahrzeuge bewegen sich in einem simulierten Verkehr mit einem definierten Energieverbrauch.

Es erfolgt zum Zwecke der Animation und Demonstration des Gesamtszenarios eine graphische Visualisierung der Fahrzeuge, insbesondere der kontrollierten Fahrzeuge, die von der CieMP-Routenplanung auf die Reise geschickt werden, um so eine Nachverfolgung der Route zu gewährleisten.

Daten zum Nutzungsverhalten bzw. zu den rechtlichen Rahmenbedingungen können indirekt über die CieMP in die Simulation einfließen.

Der Fokus der Arbeit liegt schwerpunktmäßig auf der Machbarkeit. Diese wird durch die Implementierung eines durchgängigen Demonstrationsszenarios dargestellt: Das Demonstrationsszenario lässt dabei die verschiedenen Komponenten miteinander agieren. Somit ist der derzeitige Stand eine adäquate Grundlage für spätere Erweiterungen gemäß dem Anspruch des City2e-Projekts.

Die Flottensimulation besteht intern aus mehreren technischen Komponenten, die sich aus der Benutzung und Kombination von weit verbreiteten, frei verfügbaren (Open-Source) Frameworks ergeben.

Ein Hauptbestandteil ist SUMO (Simulation of Urban Mobility), eine portable, mikroskopische und kontinuierliche Verkehrssimulation. Das Prinzip von SUMO basiert auf einer vorkonfigurierten Anzahl von Fahrzeugen, die vordefinierte Routen abfahren. Die entsprechenden Informationen werden in einer XML-Datei definiert. Der Ablauf ist rein statisch, d.h. die Simulation läuft wie ein Film ab, der jederzeit in gleicher Weise reproduzierbar wiederholt werden kann. Einzelheiten zu SUMO lassen sich z.B. unter <http://sumo-sim.org> nachlesen.

Auf SUMO aufbauend wird VEINS eingesetzt, ein Framework zum Ablauf einer Netzwerksimulation. VEINS erlaubt eine detaillierte Event-basierte Steuerung der Netzwerksimulation, mit der sich Dynamik wie Routenänderungen oder das Aufladen von Fahrzeugen einbringen lässt. Im Prinzip erfolgt eine Taktung der Simulation, bei der bei jedem Takt der Zustand von Fahrzeugen abgefragt bzw. auch modifiziert werden kann. VEINS bietet bereits eine umfassende Sammlung an Modellen für eine interaktive Fahrzeugsimulation. Das Framework ist auch um eigene Logik, in C++ zu implementieren, erweiterbar. Allerdings verwaltet VEINS nur konventionell angetriebene Fahrzeuge (also keine Elektrofahrzeuge) mit einem vordefinierten Satz von Eigenschaften. Weitere Details zu VEINS lassen sich unter <http://veins.car2x.org> nachlesen.

Begleitend dazu wurde OMNET++¹⁶² eingesetzt, um insbesondere VEINS um City2e-spezifische Belange zu modifizieren und zu erweitern. OMNET++ ist eine entsprechende C++-basierte, Eclipse-ähnliche Entwicklungs- und Ablaufumgebung.

Als weitere technische Komponente der Flottensimulation kommt eine Datenbank namens SIB zum Einsatz, die von der Universität Bologna entwickelt und in die oben beschriebene Systemlandschaft integriert wurde. Mit der SIB lassen sich weitere Entitäten – insbesondere Elektrofahrzeuge und Ladesäulen – mit definierbaren Eigenschaften verwalten. Die SIB ist ein sogenannter Triplet Store¹⁶³, der Subjekt-Prädikat-Objekt-Beziehungen verwaltet und eine begleitende SPARQL-Implementierung für Anfragen und Manipulationen bereitstellt.

¹⁶² <http://www.omnetpp.org>

¹⁶³ <http://en.wikipedia.org/wiki/Triplestore>

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	68/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------

Die Flottensimulation verwendet ein bestehendes Zusammenspiel dieser Frameworks von der Universität Bologna, welches ursprünglich für die Stadt Bologna realisiert wurde. Zur Verfügung stehen folgende Basisfunktionalitäten:

- Echtzeitsimulation mit einem simulierten Kapazitätsverlust (State-of-Charge, SoC) durch das Fahren.
- Berücksichtigung von mehrspurigen Fahrbahnen, Kreuzungen mit Ampelsteuerungen.
- Realistische Brems- und Beschleunigungsvorgänge bei hinter einander fahrenden Fahrzeugen sowie Überholmanöver.
- Weitere Konzepte wie das Aufsuchen einer Ladesäule, falls das geplante Ziel mit dem vorhandenen Ladezustand nicht erreicht werden kann.
- Eine graphische Visualisierung zur Nachverfolgung der Route der Fahrzeuge.

Es waren mehrere Erweiterungen und Änderungen erforderlich, um den Anforderungen des City2e-Projekts gerecht zu werden. Zu den wesentlichen Punkten zählen:

- Es wurde Kartenmaterial von OpenStreetMap (OSM) für das Stadtgebiet Prenzlauer Berg in Berlin genommen, adäquat konvertiert, aufbereitet und in das Framework integriert. Dabei waren diverse Probleme zu beseitigen wie z.B., dass sich Fahrzeuge auf Eisenbahngleisen bewegen.
- Es wurden Parkbuchten mit Ladesäulen hinzugefügt, da ansonsten Fahrzeuge die Straße durch Laden blockieren.
- Eine zusätzliche Applikation mit graphischer Oberfläche erlaubt eine Anzeige des Ladezustands (SoC) und der aktuellen Position eines Elektrofahrzeugs.
- Einzelne Elektrofahrzeuge wurden kontrollierbar gemacht in dem Sinne, dass ihnen eine Route, spezifiziert durch Longitude/Latitude-Listen, dynamisch zugewiesen werden kann ebenso wie ein Ladezustand (z.B. beim Aufladen) programmatisch setzbar ist. Diese Funktionalität war nur rudimentär vorhanden.
- Somit können dedizierte Elektrofahrzeuge mit vorgegebener Route (innerhalb der Region Prenzlauer Berg) gestartet werden. Zudem wird ein Ankunftsereignis für das SmartGrid beim Eintreffen eines Elektrofahrzeugs an einer Ladesäule erzeugt, damit das SmartGrid das Elektrofahrzeug entsprechend disponieren kann.
- Ereignisse wie Verkehrsstaus oder Änderungen der Wetterbedingungen (Eisregen, Schnee etc.) sind prinzipiell über eine Konsole zur Interaktion mit der Simulation kontrollierbar.
- Es lassen sich in der Simulation Verkehrsstaus visuell sichtbar in definierten Regionen erzeugen.
- Letztendlich erfolgte eine Kopplung mit CieMP- und SmartGrid-Komponenten über einen öffentlich zugänglichen REST-Server, der alleinig intern mit der Simulation kommuniziert.

Um eine direkte Interaktion mit dem komplexen Aufbau der Flottensimulation wie auch deren proprietären Schnittstellen zu vermeiden sowie eine vereinfachte Kommunikation mit den anderen Komponenten zu erlauben, wurde ein REST-basierter Server implementiert, der von allen Beteiligten angesprochen werden kann. Das REST-Interface für die Implementierung des Szenarios ist im Folgenden kurz zusammen gestellt:

POST

<http://city2e.cloudapp.net:8080/com.siemens.ct.city2e.app.server/FleetMgmt/ElectricVehicle>

Dieser POST-Request schickt einen Fahrer (mit einem ihm zugeordneten Elektrofahrzeug) auf die Reise; Fahrer und Route werden dem POST als Daten übermittelt. Als Ergebnis wird eine neue ID für das Elektrofahrzeug zurück gegeben, die für spätere Zugriffe auf das Fahrzeug benutzt werden kann.

PUT

<http://city2e.cloudapp.net:8080/com.siemens.ct.city2e.app.server/FleetMgmt/ElectricVehicle/5001>

Der PUT-Request ändert die Daten des Fahrzeugs mit der ID=5001. Beispielsweise kann die CieMP eine neue Route übergeben. Analog kann das SmartGrid beim (Ent-)Laden sukzessive einen neuen SoC setzen.

GET

<http://city2e.cloudapp.net:8080/com.siemens.ct.city2e.app.server/FleetMgmt/ElectricVehicle/5001>

Der aktuelle Zustand des Elektrofahrzeugs mit der ID=5001 lässt sich mit einem GET-Request abfragen, insbesondere der SoC (vom SmartGrid) bzw. die aktuelle Position (von der CieMP).

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	69/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

GET

<http://city2e.cloudapp.net:8080/com.siemens.ct.city2e.app.server/FleetMgmt/EVChargingStation/Arrivals?start=12345678>

Dieser GET-Request erlaubt dem SmartGrid, alle Ankünfte an Ladesäulen mit optionaler Angabe des Startzeitpunkts (`start`) als UTC zu erfragen. Die zurück gelieferte Datenstruktur enthält unter anderem die ID des Elektrofahrzeugs und die Ladesäule.

Der Vorteil einer derartigen REST-Schnittstelle liegt in der Einfachheit des Prinzips durch das Konzept einer „Ressource“ wie `ElectricVehicle` oder `EVChargingStation`, die gemäß dem http-Protokoll zu manipulieren sind. Zudem ist eine Ausführbarkeit über jeden Web-Browser von jedem Ort möglich. Daten (bei POST oder PUT) sind als XML (`application/xml`) oder JSON (`application/json`) über den Header `Content-Type` steuerbar. Analog kann das Ergebnisformat als XML oder JSON über `Accept` festgelegt werden.

Die implizit durch das REST-Interface festgelegte Kommunikation ist entsprechend der Erreichbarkeit (Sondernetz bzw. Siemens-Intranet) ausgerichtet: CieMP und SmartGrid kommunizieren daher nur unidirektional mit dem öffentlich zugänglichen REST-Server. Der REST-Server selbst nutzt keine Services der anderen Komponenten, die interne Simulation einmal ausgenommen.

Durch die Flottensimulation ist die Grundlage für weitergehende Echtzeitsimulationen geschaffen. Prinzipiell besteht die Möglichkeit, die Simulation um weitere Entitäten wie eine erweiterte Ladeinfrastruktur, eine Integration von Car/Bike-Sharing-Anbietern, eine intelligente Parkraumbewirtschaftung, der Integration von Parkplätzen, mit und ohne Ladesäulen sowie zusätzliche Konzepte wie eine Reservierbarkeit oder Verwaltung der Belegung von Parkplätzen bzw. Ladesäulen zu erweitern. Basierend auf Nutzer- und Akzeptanzanalysen, rechtlicher Rahmenbedingungen etc. lassen sich zukünftig ökologische und voll-integrierte Konzepte für Wirtschaftsflotten und Flottenversuche erproben oder auch Aussagen zum Parkraumsuchverkehr ableiten. Damit einher geht die Möglichkeit einer Datensammlung z.B. für planungstechnisch platzierte Objekte.

4.3.3 Physikalischer Systemaufbau

Im Folgenden wird kurz der für die Implementierung des Szenarios relevante Systemaufbau und seine Verteilung auf die Server-Landschaft skizziert.. Der vorgestellte Systemaufbau resultiert im Wesentlichen aus individuellen Randbedingungen der beteiligten Komponenten.

- 1.) Die CieMP verwaltet einen Server zur intermodalen Routenberechnung, der sich in Wien befindet.
- 2.) Die Flottensimulation läuft in München auf einem Rechner hinter einem Router, der einen Zugang über das Internet erlaubt und für den nachfolgenden REST-Server (3) zugänglich ist.
- 3.) Der REST-Server läuft in der Microsoft Azure Cloud in einem Microsoft Data Center in Irland. Der REST-Server stellt eine abstrahierende Schnittstelle zur Flottensimulation für die anderen Komponenten (1) und (4) dar und kommuniziert mit (2) über Sockets. Der Grund für die Nutzung der Azure Cloud ist darin begründet, dass ein Server mit beliebigem Betriebssystem, hier war ein Ubuntu 12.04 LTS 64-Bit-Betriebssystem für einen funktionstüchtigen Betrieb der Simulationskomponenten gefordert, bei Bedarf kurzzeitig provisioniert und bei Nichtnutzung auch wieder freigegeben werden kann. Zudem sind bereitgestellten Services von überall benutzbar.
- 4.) Die SmartGrid-Komponenten befinden sich auf Rechnern in einem Siemens-Sondernetz und sind nur über das Siemens-Intranet zu erreichen.
- 5.) Letztendlich gibt es Benutzer, die über ihr Smartphone eine CieMP-App für intermodale Dienste nutzen können.

4.3.4 Bidirektional ladbare V2G Stromos

Im Zuge des Projektes wurden zwei bestehende Prototypenfahrzeuge modifiziert, um die City2e-spezifischen Anforderungen zu erfüllen.

Die Basisfahrzeuge weisen dabei folgende Spezifikation auf:

- 1.) Vollelektrisches Fahrzeug auf Basis des Stromos (Fahrzeugbasis: Opel Agila) des Fahrzeugherstellers German eCar
- 2.) Traktionsbatterie
 - a. Kapazität: ca. 20kWh
 - b. Zellchemie: Lithium-Eisenphosphat
 - c. 200 Zellen in Serienschaltung → 720V Nominalspannung

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	70/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

- 3.) Integration eines prototypischen Antriebsstrangs von Siemens Corporate Technology:
 - d. Wassergekühlte permanenterrechte Synchronmaschine mit 50KW Dauer- und 120kW Peakleistung
 - e. Wassergekühlter Umrichter mit 270kVA als Traktionsumrichter und Onboard-Charger (siehe auch unten)
- 4.) Zweistufiger DC/DC-Konverter zur Versorgung von Nebenaggregaten auf 400V sowie zur Versorgung der 12V-Verbraucher

In den folgenden Abbildungen 38 und 39 sind zum einen das Fahrzeug als auch die Integration einiger Hochvoltkomponenten in den Motorraum abgebildet:



Abbildung 38: V2G-Stromos: Vollelektrische Prototypenfahrzeuge mit bidirektionaler Ladefunktionalität

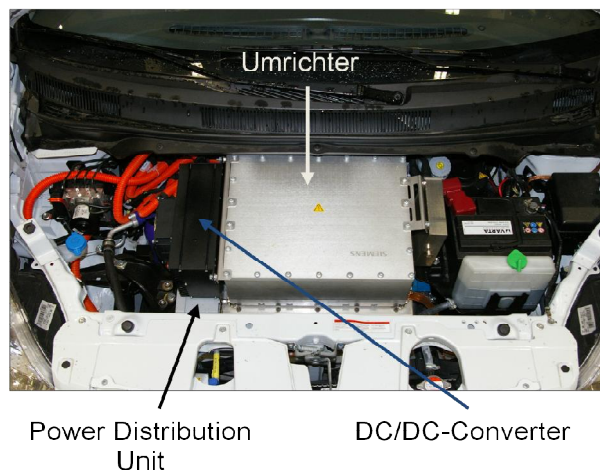


Abbildung 39: Ansicht des Motorraums mit Hochvolt-Komponenten

Um die im Projekt definierte Interaktion zwischen den beteiligten Domänen Ladesäulen, V2G-Fahrzeug und Smart-Grid-Simulation darstellen zu können, sowie die definierten Szenarien und Testfälle umsetzen zu können, ergeben sich neben den allgemeinen Anforderungen an die Fahrzeuge noch zusätzliche projektspezifische Anforderungen. Diese Anforderungen stellen sich wie folgt dar:

- 1.) 3-phasiger Onboard-Charger mit bidirektionaler Ladefunktionalität
- 2.) Schnittstelle zu Ladeinfrastruktur gemäß IEC 61851-1
- 3.) Bereitstellung einer Kommunikationsschnittstelle

Um die erste der genannten Anforderungen erfüllen zu können, kommt bei den eingesetzten Fahrzeugen ein Konzept zum Einsatz, welches den oben genannten Traktionsumrichter zusätzlich als Ladegerät für die Traktionsbatterie nutzt. Dabei wird ausgenutzt, dass der Umrichter als Vierquadrantensteller für eine dreiphasige Last sowohl mit einem Motor als auch mit dem dreiphasigen Netz verbunden werden kann. Im Falle des Netzbetriebes ist die Ansteuerung des Umrichters dabei mit dem Motorbetrieb bei einer elektrischen Frequenz entsprechend der Netzfrequenz zu vergleichen. Dementsprechend muss der Umrichter mit einer Sensorik zur exakten Erfassung der Netzfrequenz ausgerüstet werden. Zusätzlich müssen in der Hardwareanordnung zwischen dem Umrichter und dem Niederspannungsnetz noch eine PFC-Drossel zur Reduzierung der Oberwellenbelastung sowie ein EMV-Filter zur Einhaltung der EMV-Grenzwerte eingebracht werden. Diese Komponenten sowie die Umschaltung zwischen Motor- und Netzbetrieb sind einer zusätzlichen Hardwarekomponente, der sogenannten Netzanschlussbox integriert. Die folgende Abbildung 40 zeigt die Hochvolttopologie der Prototypenfahrzeuge.

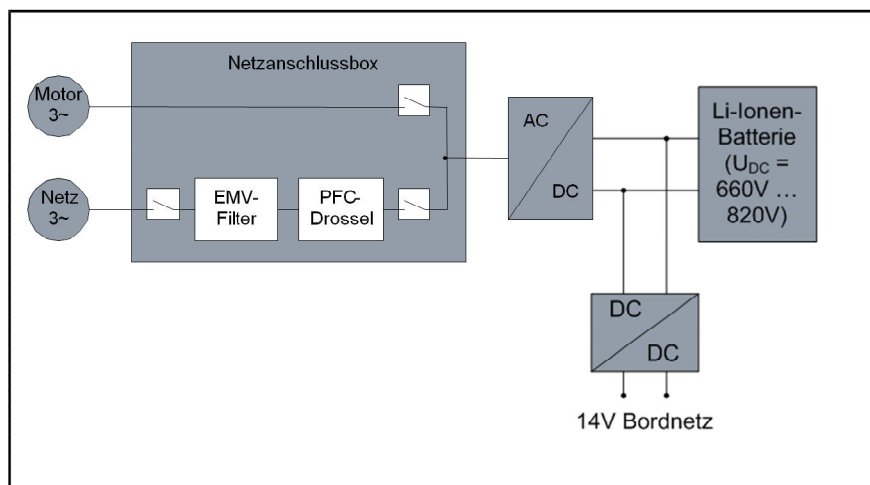


Abbildung 40: Hochvolttopologie der Prototypenfahrzeuge

Zur Erfüllung der restlichen beiden projektspezifischen Anforderungen, wurde im Zuge des Projektes ein Steuergerät entwickelt, welches neben der genannten Kommunikation zur Ladesäule nach IEC 61851-1 und der Bereitstellung der höherwertigen Kommunikation zur Smart-Grid-Simulation auch die Funktion der Ladesteuerung übernimmt. Dazu ist diese Kontrolleinheit über CAN-Bus sowohl mit der Fahrzeugsteuerung als auch mit der Umrichtersteuerung verbunden und empfängt im Lademodus von der Fahrsteuerung die batteriespezifischen Größen (maximale Lade- und Entladeströme, Ladefreigabe, etc.). In der Kommunikation mit der Umrichtersteuerung sendet die Kontrolleinheit die Vorgabewerte für das Laden (maximale Spannungs- und Stromwerte für AC und DC) und empfängt die momentanen, tatsächlichen Werte.

In der folgenden Abbildung ist eine allgemeine Darstellung von möglichen Schnittstellen zwischen V2G-Fahrzeugen, Ladesäulen (hier als Charging Device bezeichnet) Infrastruktur wie Grid- und Flottenmanagement sowie dem Fahrzeugbenutzer (individuell oder als sharing) dargestellt.

Das umgesetzte Steuergerät stellt alle in der Abbildung 41 dargestellten Schnittstellen mit Ausnahme der Schnittstelle nach ISO/IEC 15118 zur Verfügung.

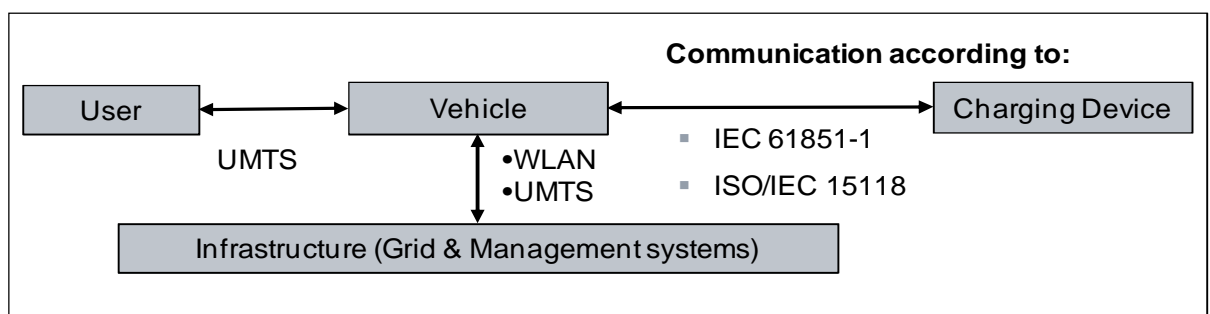


Abbildung 41: Mögliche Kommunikationsschnittstellen für die Anbindung von V2G-Fahrzeugen an Ladesäulen, Infrastruktur und Benutzer

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	72/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Ausgangspunkt für die Entwicklung des Steuergerätes war die Erstellung einer Anforderungsspezifikation, nach welcher die Umsetzung der Hardware erfolgte. Die detaillierte Spezifikation kann dem Anhang entnommen werden. In der folgenden Abbildung 42 ist die umgesetzte Hardware dargestellt.

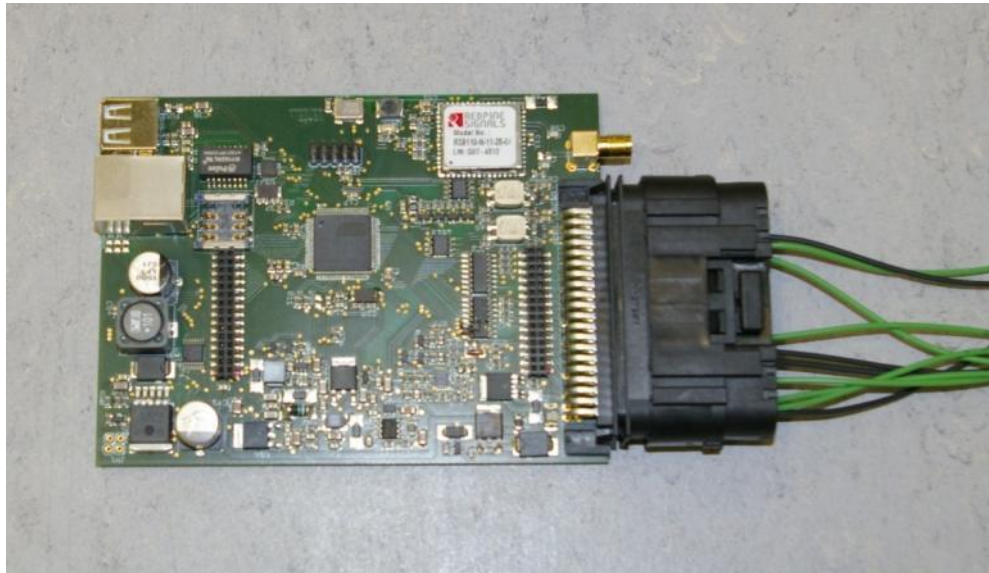


Abbildung 42: Realisierte Hardware für das Ladesteuergerät mit Kommunikationsschnittstellen

Nach dem Test der umgesetzten Komponente sowie der Implementierung in das Fahrzeug und das Gesamtsystem (Fahrzeug, Ladesäule und Smar-Grid-Simulation) konnten die definierten Einzelfunktionen dargestellt und das Gesamtszenario (siehe unten) umgesetzt werden.

4.3.5 Realisiertes Beispielszenario

Zur Veranschaulichung des Zusammenspiels der Komponenten von Energie- und Mobilitätsnetz im City2.e wurde am 06.11.2013 eine Live-Demonstration anhand des hier beschriebenen Szenarios gezeigt.

Es gibt mehrere von der CieMP verwaltete Elektrofahrzeuge mit hinterlegten Routen. Das speziell im Demo-Szenario verfolgte Fahrzeug hat eine geplante Route von der Prenzlauer Promenade zur Frankfurter Allee. Der Screenshot in Abbildung 45 zeigt den Start der Flottensimulation: Ein Fahrzeug steht auf einem Parkplatz an der Prenzlauer Promenade (siehe weißer Pfeil). Abbildung 46 zeigt, wie das Fahrzeug (in der Mitte des Bildes) seine von der CieMP geplante Route (siehe grüne Markierung der Straße) nimmt. Links oben ist ein Fenster mit dem aktuellen Ladezustand wie auch der aktuelle Position als Longitude/Latitude zu sehen. Im Laufe der Fahrt erzeugt die Flottensimulation einen Stau (Höhe Arnswalder Platz) und meldet diesen an die CieMP. Diese plant aufgrund des Staus die Route um und sendet dem Fahrer einen neuen intermodalen Routenvorschlag. Dieser beinhaltet ein Parken/Laden des Elektrofahrzeugs an einem Park/Ladeplatz an der Kanzowstraße/S-Bahnstation Prenzlauer Allee und eine Weiterfahrt mit der S-Bahn zur Frankfurter Allee. Das Fahrzeug (wieder in der Mitte der Abbildung 47) fährt die geänderte Route ab und erreicht schließlich den Parkplatz in der Kanzowstraße mit einer zur Verfügung stehenden Ladesäule.

Der Park/Ladeplatz Kanzowstraße ist in der Smart Grid- Simulation eingebunden und mit einem PEA versehen. Dieser hat verschiedene Fahrzeugladeprofile für diesen Tag aus der CieMP bekommen und geplant. Das Smart Grid erfragt die Ankunft von Fahrzeugen und disponiert anschließend das neu angekommene Elektrofahrzeug. Das Laden bzw. Entladen des Fahrzeugs wird wieder in der rechten oberen Applikation sichtbar. Zusätzlich zu den von der CieMP verwalteten simulierten Fahrzeugen erscheint an diesem Parkplatz ein ungeplantes reales Fahrzeug mit Ladebedarf (800V-Movie). Dieses wird via WLAN-Kommunikation von der Smart Grid- Simulation erkannt und real geladen bzw. entladen, je nach Marktlage. Die Abbildung 43 zeigt den schematischen Ablauf:

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	73/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------

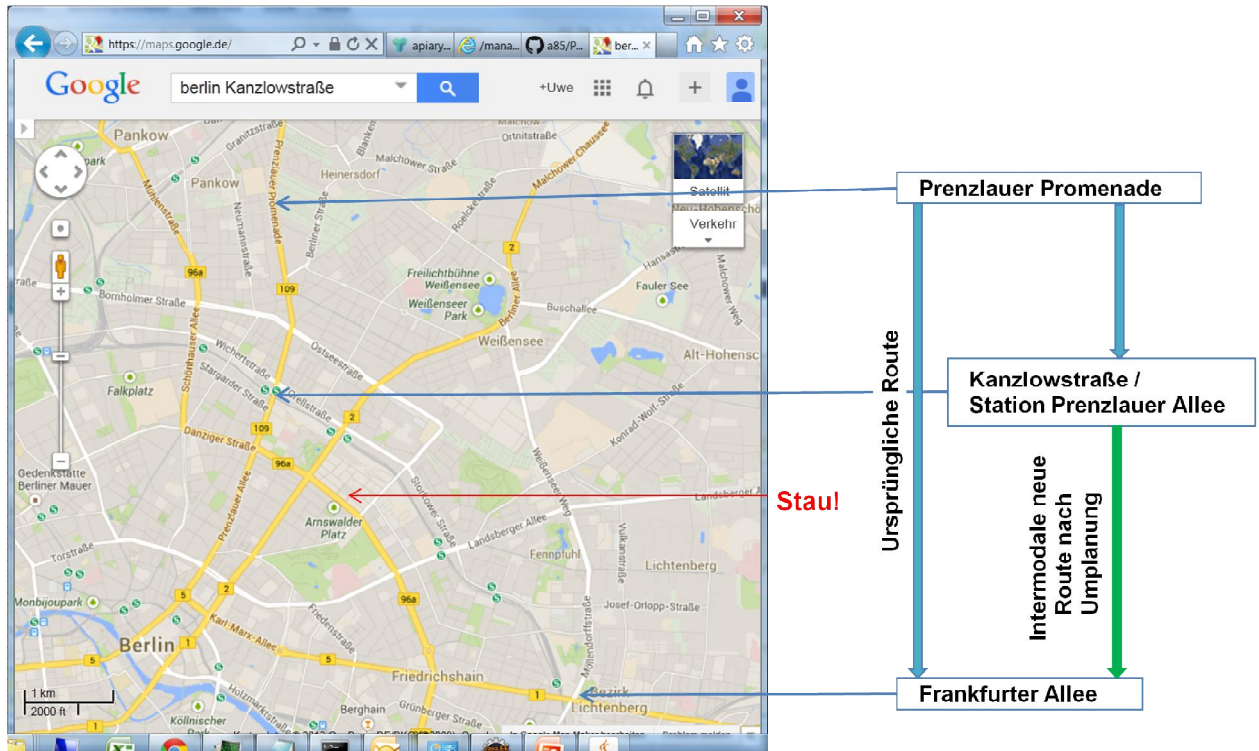


Abbildung 43: Übersicht über das Szenario

Die Smart Grid- Simulation durchläuft den in Kapitel 4.3.1.2 beschriebenen Ablauf mit Day-Ahead-Markt-Verhandlung und Intra-Day-Markt- Abwicklung inklusive eines ungeplant ankommenden Fahrzeuges.

Abbildung 44 zeigt nochmals das simulierte Verteilnetz mit den eingebundenen Park/Ladeplätzen an der Kanzowstrasse im User-Interface der Lastflussanalyse.

Beispielhaft ist das Lade- bzw. Entladeverhalten dreier Fahrzeuge gezeigt und deren Einfluss auf die Spannung am gemeinsamen Anschlusspunkt.

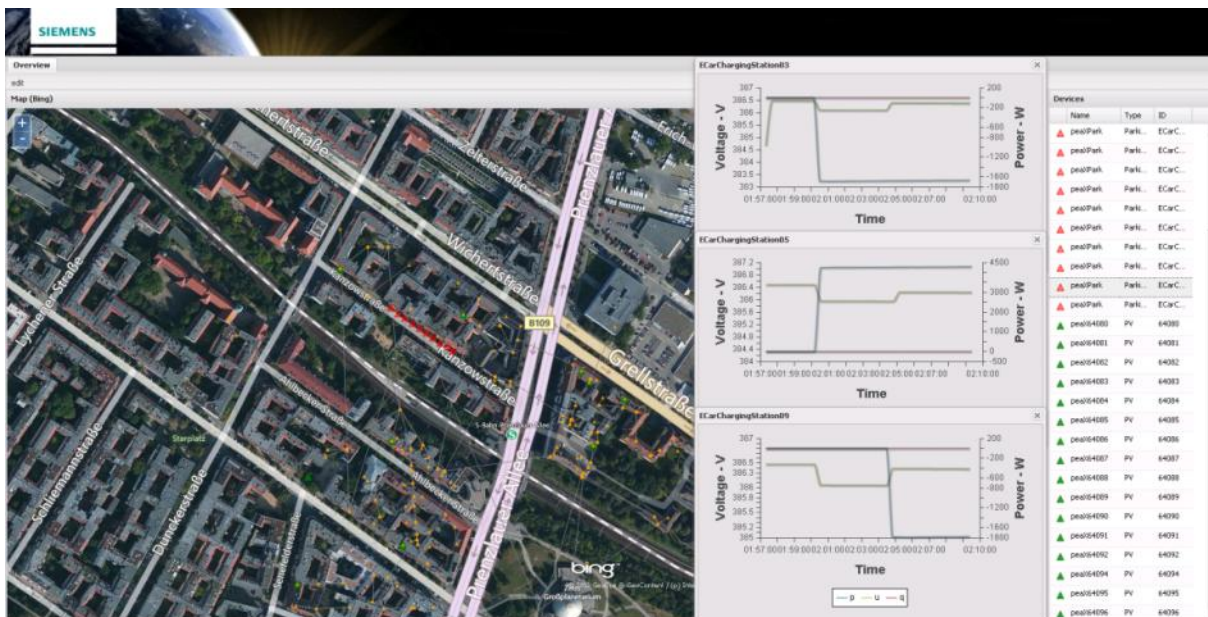


Abbildung 44: User Interface der Lastflusssimulation

<p>Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM1079</p>	<p>Version: 1.0 vom 03.09.2014</p>	<p>74/ 136</p>
--	--	---	-----------------------------

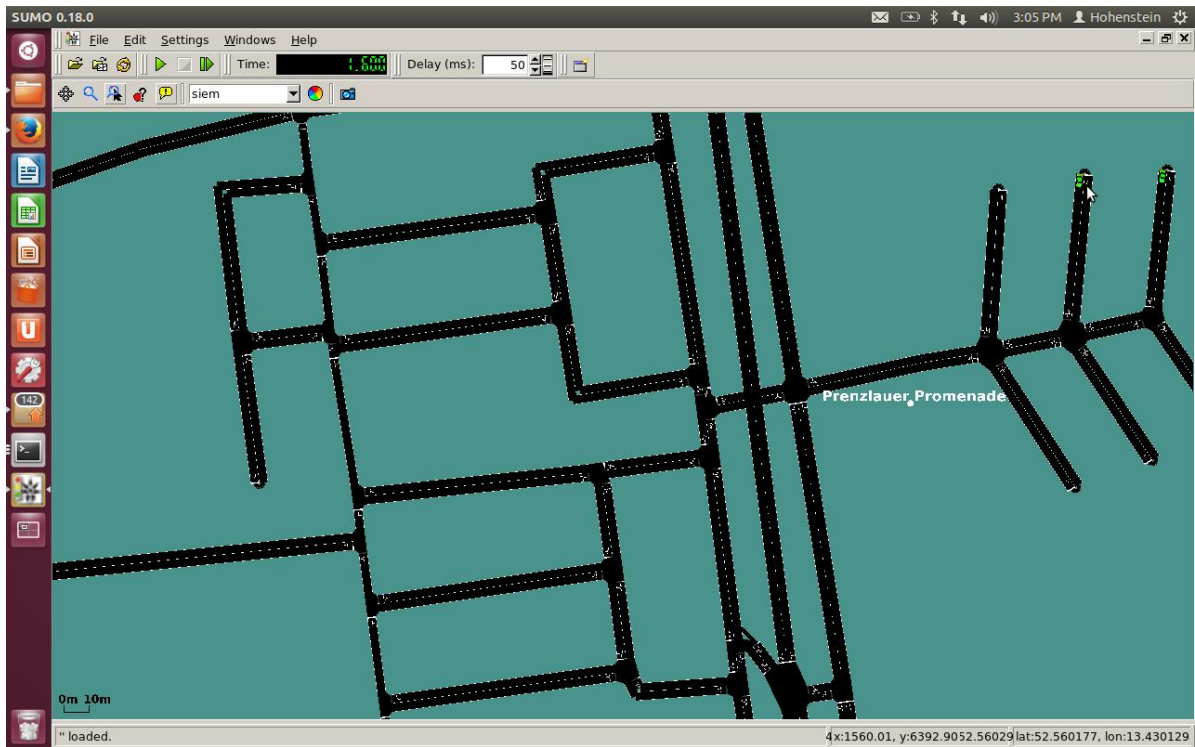


Abbildung 45: Start des Elektrofahrzeugs am Parkplatz Prenzlauer Promenade

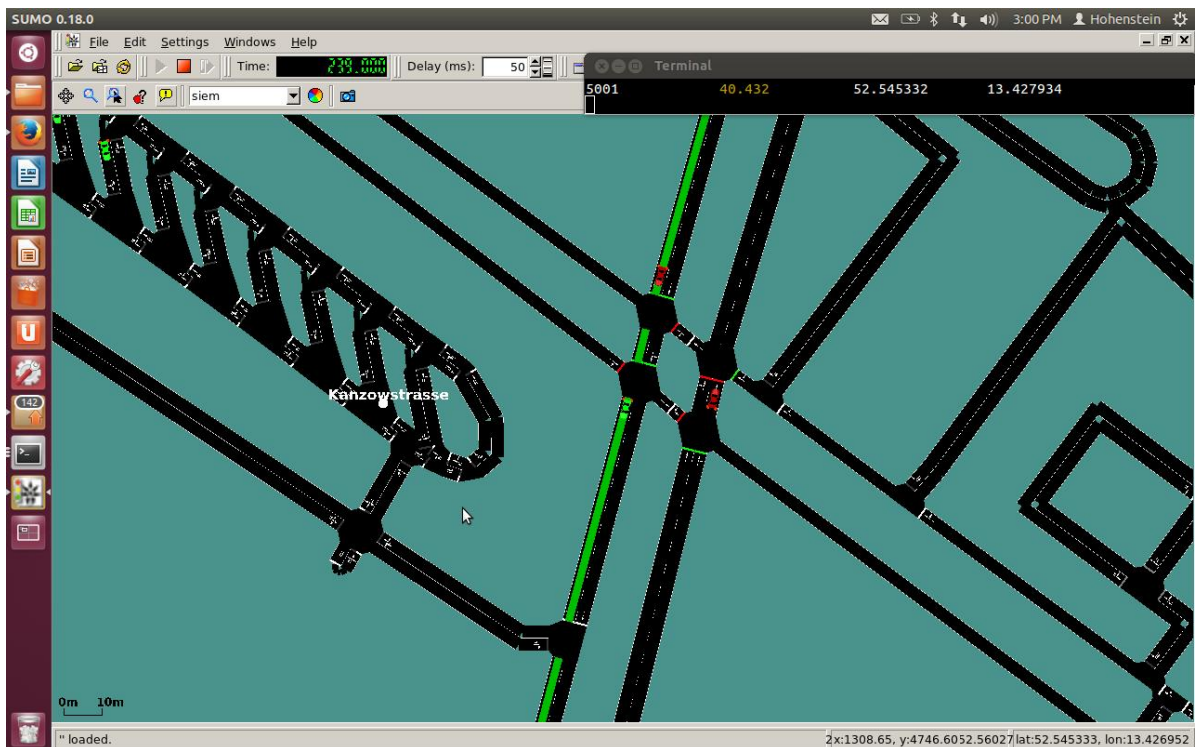


Abbildung 46: Elektrofahrzeug während der Fahrt auf der CieMP-Route

<p>Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM1079</p>	<p>Version: 1.0 vom 03.09.2014</p>	<p>75/ 136</p>
---	---	------------------------------------	-----------------------------

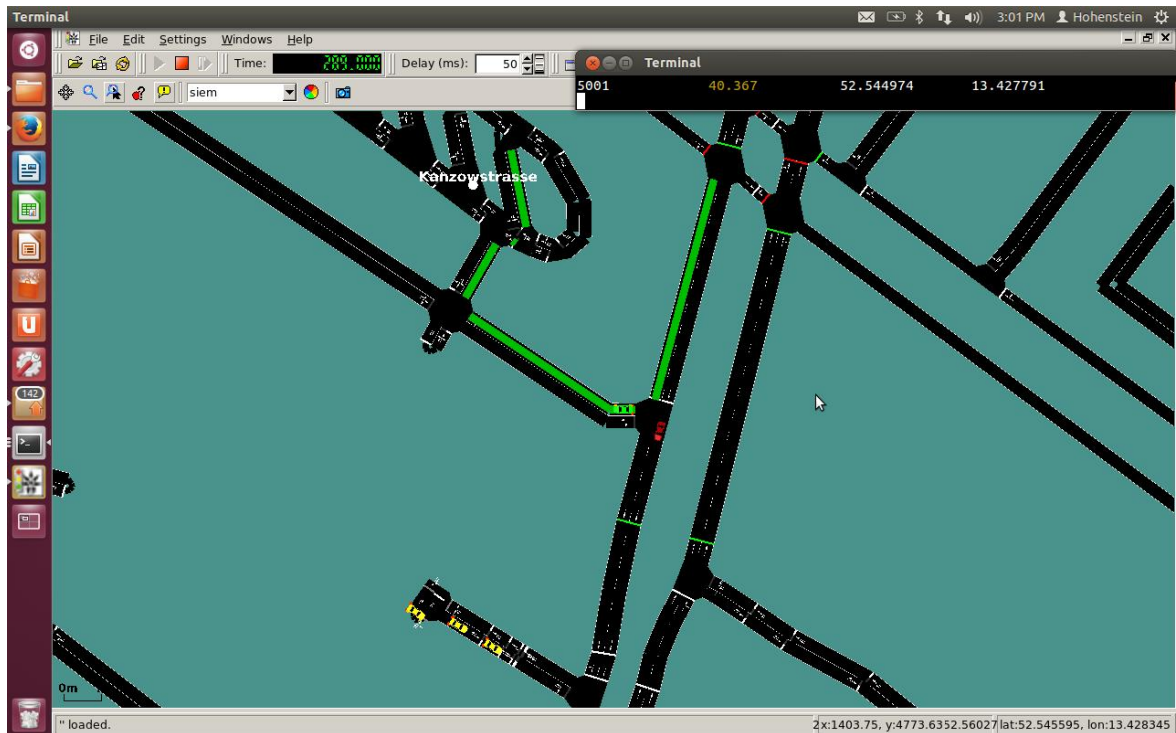


Abbildung 47: Elektrofahrzeug auf der neu berechneten Route zur S-Bahnstation Kanzowstraße

4.4 Systemarchitektur und Mobility Services (AP4+5) -> Siemens IC MOL TI

Die folgende Grafik zeigt die Architektur der CieMP (City2.e Mobilitäts-Plattform) sowie die Interaktion mit externen Systemen.

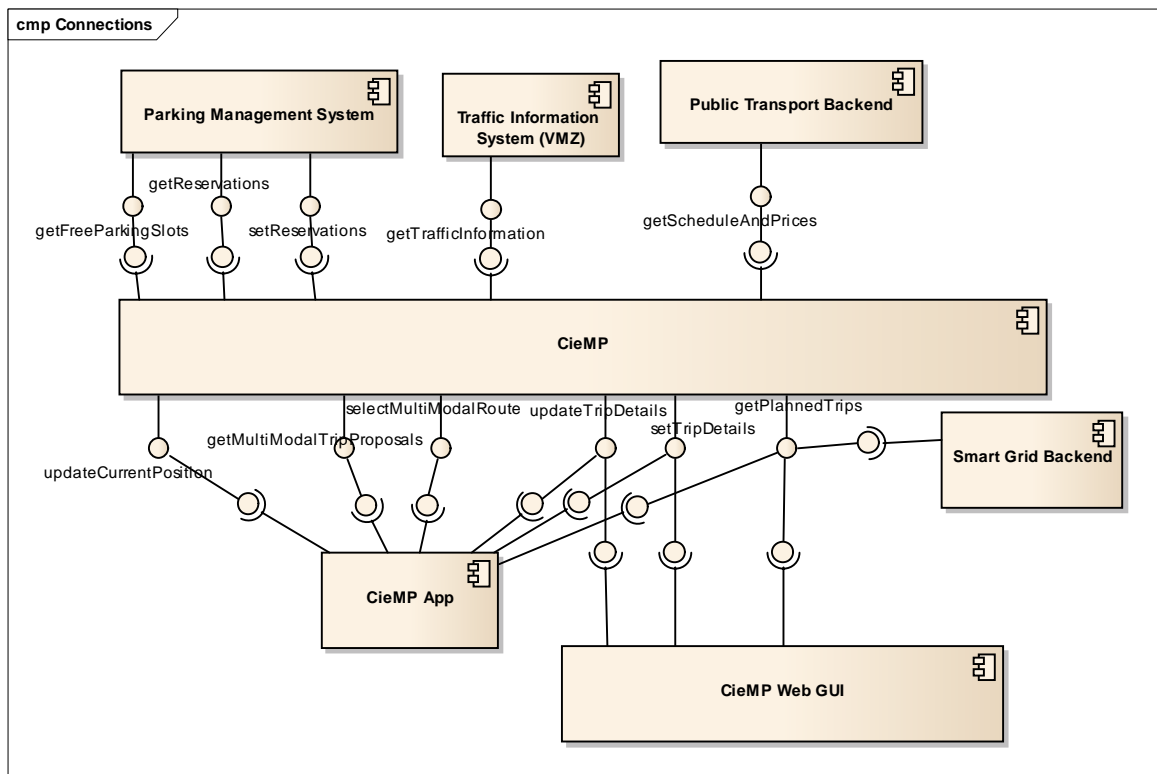


Abbildung 48: Modul-Diagramm der Mobilitäts-Plattform CieMP

<p>Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM1079</p>	<p>Version: 1.0 vom 03.09.2014</p>	<p>76/ 136</p>
--	--	---	-----------------------------

Die Plattform bietet die Basis für die Mobilitätsdienste für den End-Nutzer. Der End-Nutzer kann über die CieMP Web GUI sein Profil eintragen und abspeichern. Dabei ermöglicht das Web GUI die Eintragung von geplanten Fahrten, Start- und Zielpunkten sowie die Dauer des Parkens bzw. Ladens (siehe nachstehendes Beispiel).

User	Departure	Arrival	Time	Charging Spot	Charging	Starting Date	Recurrence
Tom	Prenzlauerpromenade 161B, 13189 Berlin	Frankfurter Allee 113, 10247 Berlin	13:30 Arrival	Frankfurter Allee 113, 10247 Berlin	13:30 + 180 min.	2013-11-05	Daily
Parag	Prenzlauerpromenade 161B, 13189 Berlin	Kanzowstr. 1, Berlin	12:30 Arrival	Kanzowstr, 1, Berlin	12:30 + 165 min.	2013-11-05	Daily
Jan Wiegardt	Prenzlauerpromenade 161B, 13189 Berlin	Kanzowstr. 1, Berlin	12:30 Arrival	Kanzowstr, 1, Berlin	12:30 + 600 min.	2013-11-05	Daily
Uwe Reuter	Prenzlauerpromenade 161B, 13189 Berlin	Kanzowstr. 1, Berlin	20:15 Arrival	Kanzowstr, 1, Berlin	20:15 + 600 min.	2013-11-05	Daily
Uwe Hohenstein	Prenzlauerpromenade 161B, 13189 Berlin	Kanzowstr. 1, Berlin	21:30 Arrival	Kanzowstr, 1, Berlin	21:30 + 600 min.	2013-11-05	Daily
Kerstin Haese	Prenzlauerpromenade 161B, 13189 Berlin	Kanzowstr. 1, Berlin	20:15 Arrival	Kanzowstr, 1, Berlin	20:15 + 600 min.	2013-11-08	Once

Abbildung 49: Nutzer Mobilitätsprofile (Admin Sicht)

Diese Information wird von der CieMP benutzt um u.a. eine an den Nutzerwünschen angepasste optimale multimodale Route zu berechnen und dem Nutzer die möglichen Routen mitzuteilen.

Die Interaktion mit dem Endbenutzer für die Auswahl der Routen erfolgt über eine App (CieMP App) (siehe Abbildung). Der Endbenutzer kann seine Einstellungen in der App anpassen, z.B. Tracking On/Off, dadurch kann er selbst entscheiden wann und ob die CieMP Plattform seine Positionsdaten erfasst, um ihn besser zu unterstützen. Auswertung und Bilanzen, z.B. CO₂ Bilanz werden zur Verfügung gestellt. Dies ermöglicht dem Nutzer umweltbewusste Entscheidungen für seine Mobilität zu wählen, z.B. Nutzung vom ÖPNV, oder Nutzung eines Elektrofahrzeugs.

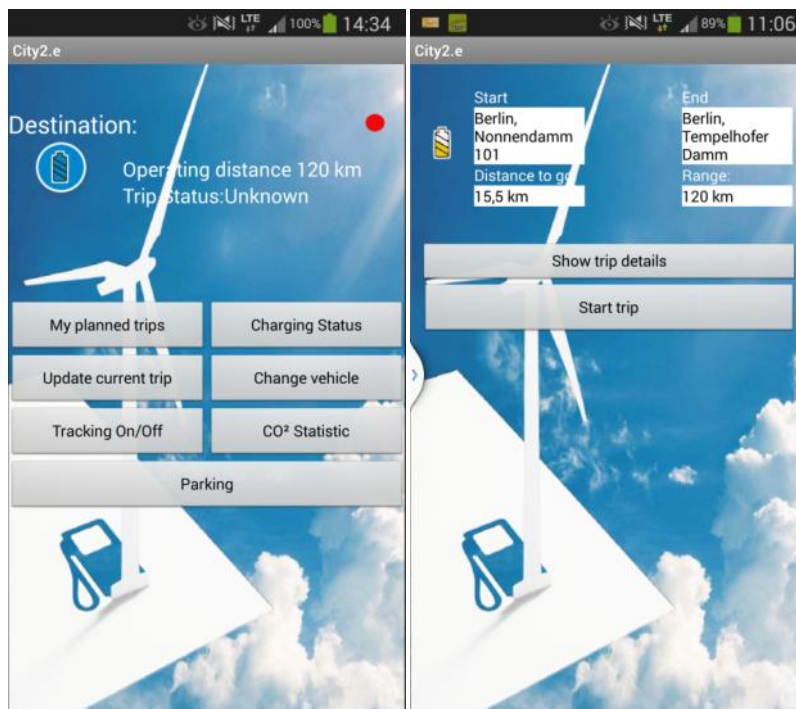


Abbildung 50: Muster App für den Endanwender (Startbildschirm und Routenplanung)

<p>Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM1079</p>	<p>Version: 1.0 vom 03.09.2014</p>	<p>77/ 136</p>
--	---	---	--------------------

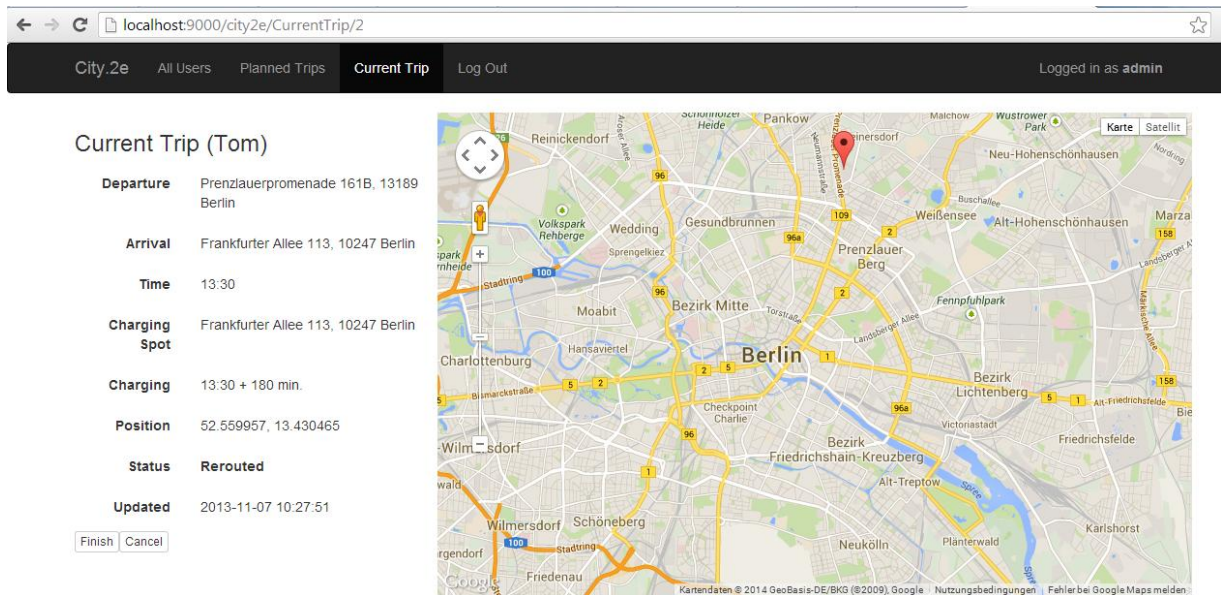


Abbildung 51: Admin-Sicht vom CieMP Web GUI mit Live-Anzeige von Nutzer-Position und Status

Nach dem Eintrag einer Fahrt in seinem Nutzerprofil kann der Benutzer additiv wählen ob er laufende Unterstützung für seine Route benötigt. In diesem Fall wird seine Route aktiv überwacht.

Während der Fahrt schickt dann die CieMP App die Positionen des Nutzers an die CieMP. Die Verkehrssituation auf der Route wird von der CieMP überwacht. Bei Beeinträchtigungen (der Endbenutzer wird sein Ziel in der geplanten Zeit nicht erreichen), z.B. Stau, wird der Endbenutzer mittels des CieMP Apps darüber informiert. Es werden dann alternative, auch alternative multimodale Routen vorgeschlagen (z.B. Route zu einem P+R Parkplatz und Weiterfahrt mit dem öffentlichen Nahverkehr). Der Nutzer kann diese Route annehmen, siehe Beispielbild: Status „Rerouted“. In diesem Fall, wird die neue Route überwacht.

Es ist zusätzlich geplant, dass die CieMP nicht nur auf Staus reagiert, sondern auch dem Nutzer eine neue Route vorschlägt, wenn die Batterie seines Elektroautos keine ausreichende Kapazität mehr hat um das Ziel zu erreichen. Solche Erweiterungen sind in einer zweiten Phase des Projektes denkbar. Dies würde die Akzeptanz der Nutzung von eCars erhöhen, denn der Nutzer wird rechtzeitig vor Problemen mit der Reichweite gewarnt und hat damit keine (oft unbegründete) Angst auf der Strecke stehen zu bleiben.

Wie im Bild gezeigt, integriert die CieMP Informationen von externen Systemen, u.a. dem Verkehrsinformations-System, den verschiedenen Parkplatzverwaltungs-Systemen und des ÖPNV-Systems. Die CieMP kann leicht erweitert werden um weitere Mobilitätsdienste zu integrieren. Weitere solche Dienste wären z.B. Car-Sharing oder das Buchen vom Ladeplätzen und Parkplätzen.

Abbildung 52 zeigt ein Beispiel eines durch die CieMP integrierten Mobilitätsdienstes. Diese Informationen können benutzt werden um den End-Nutzer diverse Mobilitäts-Dienste aus einer Hand anzubieten und damit für den Nutzer eine durchgängige Unterstützung auf seiner Fahrt zu ermöglichen. In einer zweiten Phase des Projektes sollen weitere Dienste durch die CieMP integriert werden.

Services Provider Berlin

SIEMENS

VMZ Berlin

Verkehrsmittlungen | Schilderbrücken | Induktionsschleifen

▲

Strasse: A2

Abschnitt: Magdeburg Richtung Berliner Ring zwischen Ziesar und Woltin
Stand: 25.06.2013 15:09
die geplante Störung besteht nicht mehr

▲

Strasse: Marusenallee (Charlottenburg)

Abschnitt: Kreuzung Neue Kantstr./Nesselmann
Stand: 25.06.2013 14:58
Ampelanlage außer Betrieb

○

Strasse: Köpenicker Str. (Alig/Ilmenick)

Abschnitt: in beiden Richtungen zwischen Korksdamm und Ernst-Roske-Ufer
Stand: 25.06.2013 12:50
Baustelle, Straße vollständig gesperrt (bis Anfang 08/13)

Car Sharing

Verkehrsdaten

Parken

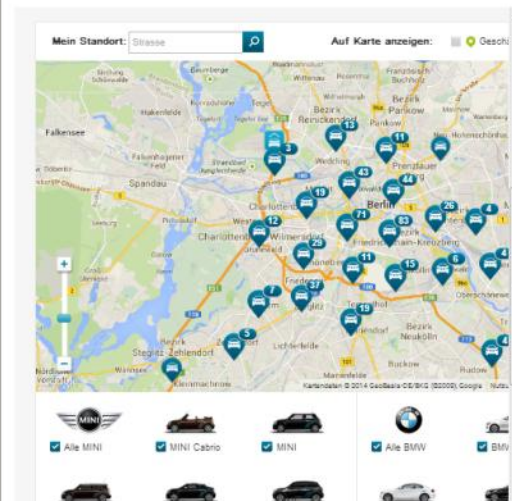
Ladeinfrastruktur

Taxi

Bahn

ÖPNV

car2go | DriveNow | Flinkster



VMZ Berlin

LiveCams Berlin



Abbildung 52: CieMP Server Sicht mit Darstellung integrierter Mobilitäts-Dienste

4.5 Rechtliche Rahmenbedingungen (AP6) -> IKEM

4.5.1 Inhalte und Ziele des Arbeitspakets

Ziel des AP6 war es, die rechtlichen Rahmenbedingungen eines integrierten und multimodalen Ladeinfrastrukturkonzepts im öffentlichen und halböffentlichen Raum darzustellen und die sich für die Umsetzung ergebenden Hemmnisse und den entsprechenden rechtlichen Änderungsbedarf zu identifizieren. Zudem wurden die rechtlichen Rahmenbedingungen als mögliche Steuerungsinstrumente für die Förderung der Elektromobilität im Allgemeinen und des Aufbaus öffentlicher sowie halböffentlicher Ladeinfrastruktur im Besonderen untersucht.

Das Arbeitspaket stellte im Rahmen des Verbundprojekts einen Teil der Begleitforschung dar und baute als solcher auf die technisch-industrielle Forschungstätigkeit auf, die im Zentrum des Projekts stand. Die einjährige Konzeptionierungsphase diente dazu, die Forschungsumgebung für den Ladeinfrastrukturaufbau aus technischer, ökonomischer und rechtlicher Sicht zu untersuchen, potentielle Problemstellungen zu erkennen und erste Voruntersuchungen für nachhaltige Ladeinfrastrukturkonzepte zu unternehmen. Die Voruntersuchungen erfolgten unter Einbeziehung verschiedener denkbarer Marktmodelle und Akteurskonstellationen. Da das Laden eines Elektrofahrzeugs mit dem Parken des Fahrzeugs einhergeht, waren neben den Rahmenbedingungen für den Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur auch die geltenden Vorgaben für das Parkraummanagement zu berücksichtigen. Zusätzlich zum Laden und Parken von Elektrofahrzeugen wurden zudem die Netzintegration von Elektrofahrzeugen sowie das durch eine IT-Plattform vermittelte Angebot multimodaler Elektromobilitätslösungen in die Betrachtungen einbezogen. Aufgrund dieses ganzheitlichen Ansatzes zeichnete sich das Projekt durch eine erhebliche Breite des zu eruiierenden Forschungsfelds aus. Es bestand daher die Notwendigkeit, zunächst einen Überblick über die relevanten Themenbereiche zu schaffen und einzelne Fragestellungen als Schwerpunkte auszuwählen, die einer tiefergehenden Betrachtung unterzogen wurden.

Für die ökonomische (vgl. AP8) und juristische Begleitung des Projekts wurde eine Modulstruktur entwickelt, die eine geordnete, schrittweise Bearbeitung der verschiedenen Themenkomplexe sicherstellte.

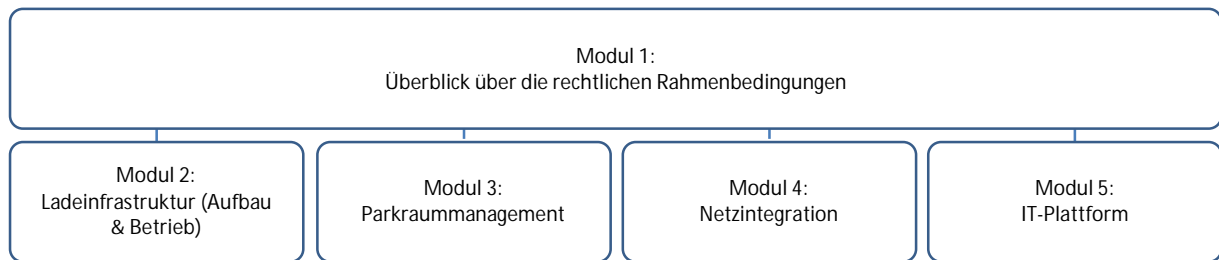


Abbildung 53: Modulstruktur

Modul 1 diente der Definition der für das Projekt zentralen Termini, der Benennung der relevanten Rechtsgebiete und der Identifikation der wesentlichen Fragestellungen, die sich über die verschiedenen Rechtsgebiete hinweg ergeben. Modul 2 beschäftigte sich mit dem Kernthema der Vorstudie, dem Aufbau und Betrieb von öffentlicher und halböffentlicher Ladeinfrastruktur. Die Darstellung der in diesem Zusammenhang relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen baute im Wesentlichen auf den Marktmodellen auf, wie sie in AP8 dargestellt worden sind. In Modul 3 wurden überblicksartig alle für den Parkvorgang im öffentlichen und halböffentlichen Raum bedeutenden Vorschriften beschrieben und mit Blick auf das „Ladeparken“ ausgewertet. Dieses Modul ist vor allem als Vorbereitung für die Folgestudie zu verstehen. Modul 4 beschäftigte sich darüber hinaus mit den Rahmenbedingungen der Netzintegration von Elektrofahrzeugen, Modul 5 mit den Vorgaben für multimodale, durch IT-Plattform und Applikation vermittelte Elektromobilitätsangebote. In Abstimmung mit den Bearbeitern des AP3 (V2G-Ladepunkte und Autos) wurden zwei ausgewählte Möglichkeiten der Netzintegration untersucht – Vehicle-to-Grid sowie die Teilnahme am Regelenergiemarkt. Der Bericht zu Modul 5 (IT-Plattform) beinhaltet einen Sachverhalt, der gemeinsam mit den Entwicklern der IT-Plattform erarbeitet worden ist und die wesentlichen Funktionen der im Rahmen des Projekts zu entwickelnden Applikation beschreibt, sowie eine darauf basierende erste datenschutzrechtliche Bewertung.

Die zu diesen fünf Themenkomplexen erarbeiteten, zentralen Feststellungen wurden in Form von Modulberichten zur internen Information und als Grundlage für einen weiteren Austausch zwischen den Arbeitspaketen an die anderen Projektpartner in regelmäßigen Abständen weitergeleitet. Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der Modulberichte in zusammengefasster Form vorgestellt.¹⁶⁴

4.5.2 Modul 1 – Überblick über die rechtlichen Rahmenbedingungen

Gegenstand des Verbundprojekts City 2.e war die Entwicklung (netz-)integrierter und multimodaler Elektromobilitätskonzepte für Laternenparker im städtischen Raum, die ihr Elektroauto an öffentlichen und halböffentlichen Ladestationen laden. Der Begriff Ladestation wird technologieoffen verwendet und meint Einrichtungen, die funktionstechnisch selbstständig und vom Elektrizitätsversorgungsnetz leitungs- und anlagentechnisch getrennt sind und der Entnahme von Elektrizität zur Versorgung von Elektrofahrzeugen dienen.¹⁶⁵ Öffentliche Ladestationen sind solche, die sich im öffentlichen Raum befinden und allgemein – ohne Zugangsbeschränkung – zugänglich sind. Halböffentliche Ladestationen befinden sich dagegen auf privaten Flächen, sind jedoch grundsätzlich auch für jedermann zugänglich – wie bspw. Kundenparkplätze von Supermärkten.¹⁶⁶

Das Energiewirtschaftsrecht ist maßgeblicher Ausgangspunkt für die rechtliche Bewertung von Ladeinfrastrukturkonzepten im öffentlichen und halböffentlichen Raum. Zentrale und in der rechtswissenschaftlichen Literatur kontrovers diskutierte Frage ist in diesem Zusammenhang, wie Ladestationen nach dem geltenden Energiewirtschaftsrecht einzuordnen sind. Festzuhalten ist zunächst, dass der Anwendungsbereich des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) grundsätzlich eröffnet ist. Dies ergibt sich u. a. aus der ausdrücklichen Nennung von Elektromobilen in § 14a S. 2 EnWG als unterbrechbare Verbrauchseinrichtungen, der Leitungsgebundenheit des Ladevorgangs beim konduktiven Laden und dessen Verbraucherschutzrechtlichen Bedeutung. Die energiewirtschaftsrechtliche Qualifikation der Ladestation ist zudem zu trennen von der der Anschlussleitung zur Ladestation, also der Leitung, die den Anschluss der Ladestation an das Elektrizitätsversorgungsnetz (EVN) – in der Regel das örtliche Verteilnetz auf Niederspannungsebene – herstellt. Diese Verbindungsleitung ist als Teil des EVN zu qualifizieren.¹⁶⁷

¹⁶⁴ Die Darstellung bezieht sich auf die am 31.12.2013 geltende Rechtslage.

¹⁶⁵ Vgl. Keil/ Schmelzer (2010), S. 466.

¹⁶⁶ Vgl. ausführlich zu den Begriffen öffentliche und halböffentliche Ladestation AP8, 3.7.2.2.

¹⁶⁷ Vgl. Feller/ de Wyl/ Missling (2010), S. 242.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	<i>80/ 136</i>
--	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------

Bei öffentlichen Ladestationen handelt es sich zunächst um Energieanlagen i. S. d. EnWG. Kontrovers diskutiert wird darüber hinaus eine Einordnung als Teil des EVN (der allgemeinen Versorgung), als Kundenanlage und als Anlage sui generis.¹⁶⁸ Insbesondere eine Qualifikation als Teil des EVN hat weitreichende Konsequenzen: Stromlieferanten haben grundsätzlich Anspruch auf diskriminierungsfreien Zugang zur Ladestation und diesem Zugangsanspruch steht ein Anspruch der Betreiber auf Zahlung des Netzentgeltes gegenüber. Zudem finden die Entflechtungsvorschriften des EnWG i. d. R. Anwendung. Geht man dagegen nicht von einer Einordnung als Teil des EVN aus, findet das Regulierungsregime des EnWG keine Anwendung; lediglich wettbewerbsrechtliche Vorgaben sind zu beachten.

Weiteres relevantes Rechtsgebiet ist das Mess- und Eichrecht. Die Ladestation bzw. einige ihrer Komponenten unterliegen dem Eichrecht; für die eichrechtliche Typprüfung kommen zwei konzeptionelle Ansätze in Betracht. Die Ladestation kann entweder insgesamt als Zähler mit Abschalteneinrichtung oder als getrennt angeordnete Zusatzeinrichtung zum Zähler eingestuft werden.¹⁶⁹ Zu prüfen ist, ob die Messeinrichtung stationär an der Ladestation untergebracht werden muss oder die Messung auch mobil im Fahrzeug oder in einem im Fahrzeug mitgeführten Verbindungskabel erfolgen kann. Fraglich ist zudem, wie im Falle einer nachträglichen Abrechnung des bezogenen Fahrstroms die Voraussetzungen für eine vertrauenswürdige und beweissichere Identifikation geschaffen werden können.

Soweit es um den Aufbau und Betrieb von Ladestationen im öffentlichen Raum geht, sind zudem die Vorgaben des Straßenrechts in den Blick zu nehmen. Hierbei sind zwei Sachverhalte zu unterscheiden: Zunächst ist der Aufbau der Ladestationen im öffentlichen Raum straßenrechtlich zu bewerten; in einem zweiten Schritt dann der Ladevorgang auf der öffentlichen Straße, also das „Ladeparken“. Beide Sachverhalte sind dahingehend zu untersuchen, ob sie in den Bereich des erlaubnisfreien Gemeingebrauchs fallen oder eine erlaubnispflichtige Sondernutzung vorliegt.

Die baurechtlichen Vorgaben wirken demgegenüber als eine der weniger einschneidenden Barrieren bei der Entwicklung von Ladeinfrastrukturkonzepten. In der Regel ist die Errichtung einer Ladestation verfahrensfrei, es findet also kein formelles Genehmigungsverfahren statt. Der jeweilige Bauherr ist gleichwohl verantwortlich für die Einhaltung der materiellen Vorgaben des Baurechts.

Straßenverkehrsrechtliche Vorgaben spielen vor allem hinsichtlich des mit dem Laden zwangsläufig einhergehenden Parkvorgangs eine Rolle. Der elektromobile Laternenparker muss sich darauf verlassen können, dass ausreichend Ladeparkplätze zur Verfügung gestellt und auch tatsächlich genutzt werden können. Insoweit geht es um die Möglichkeiten der Bereitstellung von Parkraum und vor allem um die Schaffung und Durchsetzung von Nutzungsprivilegien. Zentrale Frage ist in diesem Zusammenhang, ob das geltende Straßenverkehrsrecht eine hinreichende Ermächtigungsgrundlage für die Schaffung von Ladeparkplätzen für Elektrofahrzeuge bereithält oder eine neue (ausdrückliche) Ermächtigungsgrundlage geschaffen werden muss.

Im Zusammenhang mit dem Recht der Kommunen ist zunächst deren wichtige Rolle für den Ladeinfrastrukturaufbau im städtischen Bereich aufgrund ihrer Kenntnis der örtlichen Gegebenheiten, Interessen und Nutzungskonflikte hervorzuheben. Es stellt sich die Frage, welche regulatorischen Instrumente den Kommunen für die Koordination des Infrastrukturaufbaus zur Verfügung stehen. Fraglich ist zudem, ob sich aus der staatlichen Infrastrukturverantwortung als Ausfluss des Konzepts der Daseinsvorsorge eine Verpflichtung der Kommunen zum Aufbau von Ladeinfrastruktur ableiten lässt.

Zuletzt ist das Datenschutzrecht von zentraler Bedeutung für den Ladestationsbetrieb und das durch eine Applikation vermittelte Angebot multimodaler Mobilitätslösungen. Kommt es beim Identifikationsvorgang an der Ladestation zur Erhebung und Verarbeitung personenbezogener Daten i. S. v. § 3 Abs. 1 Bundesdatenschutzgesetz (BDSG), ist zu klären, welche Rechtsquelle des Datenschutzrechts heranzuziehen ist und welche Anforderungen dementsprechend an die Datenverarbeitung zu stellen sind. Die gleiche Herausforderung ergibt sich auch hinsichtlich der Ausgestaltung der zu entwickelnden Mobilitätsapplikation.

4.5.3 Modul 2 – Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur

Finanzielle Förderung des Ladeinfrastrukturaufbaus

Zunächst ist festzuhalten, dass aus dem Konzept der Daseinsvorsorge bzw. der Infrastrukturverantwortung des Staates keine Pflicht zum Aufbau von Ladeinfrastruktur abgeleitet werden kann. Weder unterfällt die

¹⁶⁸ Vgl. zu dieser Diskussion u. a. Feller/ de Wyl / Missling (2010), S. 240 f.; Gauggel (2011), S. 253 f.; Hartwig (2013a), S. 356 ff.; Hartwig (2013b), S. 475 ff.; Heinlein, in Boesche et al. (2013), S. 191 ff., V. Hammerstein/ v. Hoff (2011), S. 261 ff.

¹⁶⁹ PTB (2011), Frage 1.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	81/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Versorgung mit Fahrstrom dem Bereich der allgemeinen Energieversorgung, noch ist der Aufbau von Ladestationen notwendige Voraussetzung für die Gewährleistung der (individuellen) Mobilität der Bürger.

Der Aufbau von Ladeinfrastruktur stellt sich damit als rein politisches Ziel dar, dessen Verwirklichung grundsätzlich von Investitionen privatwirtschaftlicher Akteure abhängt. Da aufgrund des Mobilitätsverhaltens von Laternenparkern derzeit keine Auslastung von Ladestationen zu erreichen ist, die einen wirtschaftlichen Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladestationen ermöglicht (vgl. hierzu AP8), stellt sich die Frage nach der Möglichkeit bzw. Zulässigkeit einer staatlichen finanziellen Förderung. Im Falle einer Subventionierung des Ladeinfrastrukturaufbaus ist vor allem das umfangreiche Regelwerk des Europäischen Beihilferechts zu beachten. Diesbezüglich ist festzustellen, dass die Anwendung der einschlägigen Vorschriften des Primär- und Sekundärrechts sowie der von den europäischen Gerichten entwickelten Grundsätze von zahlreichen Unsicherheiten geprägt ist: Die Einordnung eines Investitionszuschusses für den Ladeinfrastrukturaufbau als zulässige Dienstleistungen von allgemeinem wirtschaftlichem Interesse (DAWI) ist naheliegend, hängt im konkreten Einzelfall jedoch von der Erfüllung der Altmark-Kriterien und insbesondere dem Ausgang der Kostenanalyse nach dem Nettomehrkostenprinzip ab. Um diese Kostenanalyse zu umgehen, empfiehlt sich die Durchführung eines ordnungsgemäßen Vergabeverfahrens. Soweit Maßnahmen zur Förderung des Ladeinfrastrukturaufbaus keine DAWI darstellen und auch keine Freistellung erfolgt, richtet sich die beihilfenrechtliche Zulässigkeit nach Art. 107 Abs. 3 lit. b) und c) des Vertrages über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV). In Betracht kommt eine Genehmigung als Beihilfe zur *Förderung wichtiger Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse* oder der *Entwicklung eines Wirtschaftszweiges*. Inwieweit eine Fördermaßnahme einen dieser Ausnahmetatbestände erfüllt, hängt von der konkreten Ausgestaltung der Maßnahme sowie den gesamteuropäischen wirtschaftlichen Gegebenheiten im Bewilligungszeitpunkt ab. Der Kommission kommt zudem ein weiter Ermessensspielraum bei der Prüfung der Ausnahmetatbestände zu. Um die Entscheidungen der Kommission transparenter und damit vorhersehbarer zu machen, wäre die Vorlage einer Leitlinie oder eines Gemeinschaftsrahmens speziell zum Ladeinfrastrukturaufbau äußerst hilfreich.

Soweit eine Kommune Unternehmen mit der Errichtung und dem Betrieb von Ladeinfrastruktur gegen Entgelt beauftragen möchte und die geltenden Schwellenwerte erreicht bzw. überschritten werden, muss dem Vertragsschluss ein ordnungsgemäßes Vergabeverfahren vorausgehen. Aufgrund der Komplexität des Vergabegegenstandes ist die Durchführung eines wettbewerblichen Dialogs vorzugswürdig.¹⁷⁰ Im Rahmen der Dialogphase können gemeinsam mit kompetenten Unternehmen Lösungen diskutiert werden; die Kommunen können sich auf diese Weise die Expertise der Bewerber zunutze machen und darauf verzichten, kosten- und zeitintensiv eigene Kenntnisse zu generieren. Bei Durchführung des Dialogs sind die allgemeinen Grundsätze des Vergaberechts zu beachten, insbesondere sind alle beteiligten Unternehmen während der Dialogphase gleich zu behandeln.

Kommunale Koordination des Ladeinfrastrukturaufbaus

Hinsichtlich der Möglichkeiten einer kommunalen Koordination des Ladeinfrastrukturaufbaus ist Folgendes festzuhalten: Die Kommunen können den Infrastrukturaufbau grundsätzlich über straßen- und baurechtliche Instrumente koordinieren. Unabhängig davon, ob die Ladetechnik in bestehende Straßeninfrastruktur (bspw. Straßenlaterne) integriert wird oder eine Ladesäule aufgestellt wird, muss für den Aufbau von Ladeinfrastruktur eine Sondernutzungserlaubnis eingeholt werden. Aufgrund des prozessualen Aufwandes und der Tatsache, dass die Erteilung einer Sondernutzungserlaubnis von einer umfassenden Abwägungsentscheidung der zuständigen Behörde abhängt, ist die Erlaubnispflicht als regulatorisches Hemmnis zu identifizieren.

Die zuständige Behörde entscheidet zudem immer nur über konkrete Einzelfälle; der Standort für eine Ladestation muss also sicher feststehen und kann nicht erst im Anschluss an das Verfahren bestimmt oder geändert werden. Um eine gewisse Planungssicherheit zu ermöglichen, bietet sich u. U. die Erstellung eines Elektromobilitäts- bzw. Ladeinfrastrukturkonzepts an, auf welches sich die zuständige Behörde dann bei den konkreten Einzelfallentscheidungen stützen kann und den Infrastrukturaufbau dadurch koordiniert. Auch das Bauplanungs- und das Bauordnungsrecht halten Instrumente zur Steuerung des Ladeinfrastrukturaufbaus bereit. So können Flächen für Ladestationen und Ladeparkplätze als besondere Verkehrsflächen im Bebauungsplan festgesetzt werden. Den Festsetzungen muss ein bestimmtes Konzept der städtebaulichen Entwicklung und Ordnung zugrunde liegen, das die verschiedenen in § 1 Abs. 6 Baugesetzbuch (BauGB) genannten Belange ausreichend berücksichtigt. Erfolgt eine solche Festsetzung, sind Ladestationen auf diesen Flächen unproblematisch bauplanungsrechtlich zulässig, andere bauliche Anlagen dagegen unzulässig. Als bauordnungsrechtliches Koordinationsinstrument kommt zuletzt der Erlass von

¹⁷⁰ Vgl. de Wyl/ Ringwald/ Lange (2012), S. 283.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	82/ 136
---	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Gestaltungssatzungen in Betracht, die konkrete Ausführungs- und Gestaltungsvorgaben für den Bau von Ladestationen beinhalten.

Bewertung verschiedener Marktmodelle

Ausgangspunkt für die juristische Bewertung des Betriebs von Ladeinfrastruktur sind die im Rahmen von AP8 dargestellten vier Marktmodelle – das integrierte Marktmodell, das separierte Marktmodell, das Marktmodell „E-Mobilitätsanbieter“ und das Marktmodell „Spot Operator“. Bei der Prüfung der Umsetzbarkeit dieser Modelle zeigt sich die Notwendigkeit einer eindeutigen Einordnung von Ladestationen nach den Kategorien des EnWG für einen rechtssicheren Betrieb von Ladeinfrastruktur.

Beim integrierten Marktmodell werden die Ladestationen durch die Netzbetreiber als Teil des Netzes betrieben. Den Stromlieferanten wird diskriminierungsfrei Zugang zur Infrastruktur gewährt, so dass sie ihre Kunden an den Ladestationen zu den jeweils vereinbarten Vertragsbedingungen beliefern können. Die Kosten des Betriebs der Ladestationen können über die Netzentgelte auf alle Netznutzer umgelegt werden. Dieses Marktmodell ist rechtlich nur dann umsetzbar, wenn Ladestationen als Teil des Elektrizitätsversorgungsnetzes eingeordnet werden. Da die aus dem Meinungsstreit resultierende Rechtsunsicherheit potentielle Investitionen hemmt, sollte der Gesetzgeber in jedem Falle tätig werden und eine klarstellende Entscheidung treffen. Die für den Betrieb von Elektrizitätsversorgungsnetzen geltenden Vorschriften können zudem nicht 1:1 auf öffentliche Ladestationen übertragen werden, so dass in jedem Fall regulatorischer Anpassungsbedarf besteht. Die Vorschriften über das Netzanschlussverhältnis gehen bspw. von einer festen physikalischen Verbindung zwischen Kunde und Netz aus, die es an öffentlichen Ladestationen nicht gibt. Umsetzungsschwierigkeiten ergeben sich auch hinsichtlich der Regelungen zur Netzentgeltregulierung aufgrund der langfristigen Festlegung der Erlösobergrenzen.

Das separierte Marktmodell zeichnet sich dadurch aus, dass der Aufbau und Betrieb von (öffentlicher) Ladeinfrastruktur durch einen neuen, eigenständigen Akteur erfolgt, der weder Netzbetreiber noch Stromlieferant ist. Finanziert wird der Infrastrukturbetrieb über ein Infrastrukturnutzungsentgelt, das die Stromlieferanten als Gegenleistung für die Infrastrukturnutzung zu zahlen verpflichtet sind und welches diese letztendlich auf ihre Kunden, die Elektromobilisten, abwälzen. Im Rahmen des separierten Marktmodells hat der Ladestationsbetreiber ein Interesse daran, an seiner Ladestation verschiedene Fahrstromprodukte anbieten zu können und dementsprechend den Stromlieferanten Zugang zu seiner Infrastruktur zu gewähren. Die Stromlieferanten sind auf dieses Interesse des Betreibers angewiesen, denn ein gesetzlicher Anspruch auf Zugang zur Infrastruktur besteht nicht. Soweit verschiedene Ladestationsbetreiber miteinander konkurrieren, kann wohl davon ausgegangen werden, dass jeder Stromlieferant seinen Strom auf dem Fahrstrommarkt anbieten kann. Soweit eine Kommune jedoch eine Exklusivvereinbarung über den Ladeinfrastrukturaufbau im Gemeindegebiet mit einem Ladestationsbetreiber abschließt, besteht die Gefahr, dass einzelnen Stromlieferanten der Zugang zum Fahrstrommarkt durch den exklusiven Ladestationsbetreiber versagt wird. Eine derartige Exklusivvereinbarung birgt zudem das Risiko, dass der Marktzugang anderer Ladestationsbetreiber erschwert wird und damit eine potentielle Beeinträchtigung des Wettbewerbs und ein Verstoß gegen § 1 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) vorliegt. Mit Blick auf die Gestaltung des Infrastrukturentgeltes offenbart sich wiederum die Schwierigkeit einer eindeutigen Einordnung von Ladestationen nach den Anlagekategorien des EnWG. Das separierte Marktmodell geht anders als das integrierte nicht davon aus, dass Ladestationen Teil des Netzes sind. Die Einordnung als Kundenanlage führt auch nicht weiter, da Kundenanlagen unentgeltlich zur Verfügung gestellt werden müssen. Die Einordnung als unregulierte Anlage, die keine Kundenanlage ist (Anlage sui generis), ist sehr zweifelhaft, wenn die Infrastrukturnutzung nicht als Teilleistung eines Gesamtpakets angeboten wird. Selbst wenn man von einer derartigen Teilleistung ausgehen wollte, ist ein (marktbeherrschender) Infrastrukturbetreiber bei der Bildung der Infrastrukturentgelte nicht frei. Die Entgelte müssen sich dann vielmehr am Maßstab eines „Als-Ob-Wettbewerbspreises“ messen lassen.

Im Rahmen des Marktmodells „E-Mobilitätsanbieter“ erfolgt der Betrieb der Ladestationen durch einen Stromlieferanten. Der E-Mobilitätsanbieter baut die Ladeinfrastruktur auf und verkauft Strom an die Elektromobilisten. Finanziert wird die Ladeinfrastruktur über die Konsumentenbeiträge der Nutzer. Ein E-Mobilitätsanbieter, der sowohl Ladestationen betreibt, als auch Fahrstrom vertreibt, ist als vertikal integriertes Energieversorgungsunternehmen zu qualifizieren, wenn man Ladestationen als Bestandteil des Elektrizitätsversorgungsnetzes begreift. In der Konsequenz finden die Vorschriften zur Entflechtung der §§ 6 ff. EnWG Anwendung. Dies gilt unproblematisch für die Pflichten zur buchhalterischen und informationellen Entflechtung, deren Umsetzung mit gewissen Mehrkosten verbunden wären, die bei einer umfassenden wirtschaftlichen Bewertung des Marktmodells Beachtung finden müssten. Hinsichtlich der rechtlichen und operationellen Entflechtung kommt es entscheidend darauf an, ob der Ausnahmetatbestand für De-minimis-Unternehmen greift oder nicht. Aufgrund der Auslegungsschwierigkeiten hinsichtlich des Kundenbegriffs und der maßgeblichen Kundenanzahl ist nicht eindeutig zu bestimmen, ob es auf die Gesamtheit der Kunden

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	83/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

eines E-Mobilitätsanbieters ankommen würde oder auf die von ihm betriebenen Ladepunkte. Damit sich der E-Mobilitätsanbieter darauf einstellen kann, welche Entflechtungspflichten er zu befolgen hat, müsste dieser Punkt geklärt werden. Problematisch ist das Marktmodell „E-Mobilitätsanbieter“ jedoch vor allem im Hinblick auf den Zugang anderer Stromlieferanten zur Infrastruktur: Soweit Ladestationen als Bestandteil des Elektrizitätsversorgungsnetzes eingeordnet werden, muss anderen Stromlieferanten Zugang hierzu gewährt werden – dies sieht das Marktmodell jedoch gerade nicht vor. Selbst wenn man nicht von der Einstufung als Netzbestandteil ausgeht, besteht im Falle einer Marktbeherrschung seitens des E-Mobilitätsanbieters ein Zugangsanspruch nach § 19 Abs. 1, 4 Nr. 4 GWB. Das Marktmodell ist insoweit rechtlich nicht umsetzbar.

Das Marktmodell „Spot Operator“ basiert darauf, dass der Betreiber einer halböffentlichen Parkfläche – also bspw. eines Supermarktparkplatzes – Ladestationen auf dem halböffentlichen Parkplatz aufbaut und betreibt. Die juristische Bewertung des Marktmodells „Spot Operator“ konzentrierte sich auf die Frage, ob halböffentliche Ladestationen im Rahmen dieses Marktmodells als Kundenanlagen i. S. d. EnWG eingestuft werden können und welche Rechtsfolgen hiermit einhergehen. Während halböffentliche Ladestationen unzweifelhaft Energieanlagen darstellen, die an das Elektrizitätsversorgungsnetz angeschlossen sind, sind die Kriterien „unbedeutend für den Wettbewerb“ sowie „unentgeltliche und diskriminierungsfreie Zurverfügungstellung“ des § 3 Nr. 24a) EnWG schwieriger in der Subsumtion. Bei entsprechender Ausgestaltung der vertraglichen und technischen Verbindung sowie einem überschaubaren Marktanteil des Spot Operators können diese Kriterien erfüllt sein. Selbst dann stellt sich jedoch die Frage, ob die Einordnung als Kundenanlage mit dem Grundgedanken der Regelung in Einklang zu bringen ist. Da für die eindeutige Einordnung auf das Vorstellungsbild der betroffenen Verkehrskreise abzustellen ist und sich ein derartiges Vorstellungsbild zu halböffentlicher Ladeinfrastruktur (noch) nicht gebildet hat, besteht auch hinsichtlich der Einordnung als Kundenanlage keine Rechtssicherheit. Um Investitionen im halböffentlichen Bereich durch Aufhebung dieser Rechtsunsicherheit anzuregen, könnte der Gesetzgeber sich eindeutig zur Einordnung halböffentlicher Ladestationen als Kundenanlage bekennen. Eine andere Möglichkeit wäre die Publikation eines Leitfadens zum Begriff der Kundenanlage durch die Bundesnetzagentur, der den betroffenen Unternehmen als Orientierungshilfe dient.

Insgesamt ist festzuhalten, dass es im Bereich des Energiewirtschaftsrechts an gesetzlichen Vorgaben, die speziell auf Fragen der Elektromobilität zugeschnitten sind, fehlt und eine eindeutige Einordnung von Ladestationen im Rahmen denkbarer Marktmodelle derzeit nicht möglich ist. Die daraus resultierende Rechtsunsicherheit bzw. resultierenden Umsetzungsschwierigkeiten sind als erhebliche Hemmnisse für die Marktdurchdringung der Elektromobilität zu bewerten.

Rechtliche Implikationen der Fahrstromabrechnung

Im Zusammenhang mit dem Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladestationen stellt sich zuletzt die Frage nach einer zulässigen Ausgestaltung der Fahrstromabrechnung. Insoweit kann zwischen den folgenden Abrechnungsmodellen unterschieden werden:¹⁷¹

Verbrauchsabhängiger Preis: Die geladene Strommenge wird zu einem Festpreis in ct/kWh abgerechnet.

- Zweiteiliger Tarif: Dieser besteht aus einer Grundgebühr und einer nutzungsabhängigen Gebühr, die sich nach der Menge des geladenen Stroms oder auch nach der Zeit der Ladung richten kann.
- Stufentarife: Stufentarife sind nicht-lineare Tarife, bei denen sich der Preis (in ct/ kWh) ab einer bestimmten Mengengrenze ändert, typischerweise günstiger wird.
- Abrechnung nach Parkdauer: Die Abrechnung erfolgt anhand der Dauer des Aufenthalts an der Ladestation.
- Pauschalpreis pro Nutzung: Pro Nutzung hat der Elektromobilist einen Festpreis zu entrichten unabhängig davon, wie viel Strom er lädt.
- Flatrate: Gegen Zahlung einer Gebühr pro Zeiteinheit (z. B. ein Monat) kann der Elektromobilist die Ladestationen beliebig oft und mit einer beliebigen Strombezugsmenge nutzen.

Eine Messung des geladenen Fahrstroms ist zwingende Voraussetzung einer Abrechnung nach verbrauchsabhängigen Preisen, nach zweiteiligen (mengenabhängigen) Tarifen und nach Stufentarifen. In diesen Fällen müssen die Ladestationen mit eichrechtlich geprüften Komponenten ausgestattet werden. Aus eichrechtlicher Sicht sehr viel unproblematischer sind dagegen Modelle, bei denen keine, eine pauschalierte oder eine zeitabhängige Abrechnung erfolgt.

¹⁷¹ Vgl. Meister (2010), S. 28 f.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	84/ 136
---	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Die Komplexität der Messgeräteichtung hängt vom jeweiligen Ladekonzept ab: Bei nachträglicher Bezahlung und der Zuordnung der Messdaten zu einem bestimmten Lieferanten bzw. Fahrstromliefervertrag ist die Eichung eines Smart Meter erforderlich. Erfolgt die Bezahlung im Voraus, ist der Einsatz eines einfachen Strommessgerätes ausreichend. Die Verwendung eines mobilen Zählers ist grundsätzlich denkbar, setzt jedoch unter anderem eine Anpassung der Vorschriften über die Zuordnung der Entnahmestellen zu einem Bilanzkreis sowie über den Wechsel des Stromlieferanten voraus.

Verantwortlich für den Messstellenbetrieb ist nach geltendem Recht und aktueller Praxis i. d. R. der jeweilige Verteilnetzbetreiber. Aufgrund der wachsenden Komplexität im Falle eines flächendeckenden Aufbaus von Ladestationen sollte über eine alternative Zuständigkeit nachgedacht werden.

Mit Blick auf den im Falle einer nachträglichen Abrechnung notwendigen Identifikationsvorgang an der Ladestation ist Folgendes festzuhalten: Je nach Fallgestaltung bzw. Geschäftsmodell kommt eine nutzer-, halter- oder auch fahrzeugbezogene Identifikation in Betracht. Der Identifikationsvorgang – wie auch die weitere für den Ladevorgang und zusätzliche Netzdienstleistungen erforderliche Kommunikation – wird in Zukunft automatisch über das Ladekabel erfolgen (sog. Plug & Charge). Hierzu wird derzeit an dem europäischen Standard ISO 15118 gearbeitet, der einheitliche Protokolle, Verschlüsselungen und Signaturen für den Ladevorgang vorgibt. Neben einem derart automatisierten Identifikationsvorgang kommt weiterhin eine Identifikation mittels PIN und Karte in Betracht. Diese ist für den Fahrstromlieferanten insoweit vorteilhaft, als dass der erste Anschein (Prima-facie-Beweis) für die Richtigkeit der Abrechnung spricht, wenn im Nachhinein diesbezüglich Streitigkeiten entstehen. An den Identifikationsvorgang schließt sich die ID-Attribuierung an, durch die die konkreten Messwerte mit den ID-Daten verknüpft werden und damit einem Vertrag zugeordnet werden können. Die für die ID-Attribuierung verwendete Zusatzeinrichtung sollte dem Eichrecht unterstellt werden, um eine beweissichere Realisierung der Zuordnung zu gewährleisten.¹⁷²

Mit Blick auf die datenschutzrechtlichen Anforderungen ist festzuhalten, dass vorrangig die Datenschutzregelungen des EnWG Anwendung finden. Schon im Zeitpunkt der lokalen Speicherung der Messdaten im Zähler der Ladestation ist von einer Datenerhebung auszugehen. Hinsichtlich der Legitimation der Datenerhebung, -verarbeitung und -nutzung ist zwischen verschiedenen Vorgängen zu unterscheiden. Die Datenverarbeitung im Zuge der Autorisierung ist nach § 28 Abs. 1 Nr. 1 BDSG legitimiert. Soweit es um den Datenumgang durch den Messstellenbetreiber und den Verteilnetzbetreiber geht, ist im Vergleich zur Haushalts-Stromabnahme die Berechtigung dieser Stellen zweifelhaft. Insoweit besteht gesetzlicher Änderungs- bzw. Anpassungsbedarf. Im Übrigen kann für eine Mehrheit der Vorgänge auf § 21g Abs. 1 Nr. 3 EnWG als Erlaubnisnorm abgestellt werden.¹⁷³

4.5.4 Modul 3 – Parkraummanagement

Die regulativen Rahmenbedingungen des Parkraummanagements, die für die Entwicklung eines Ladeinfrastrukturkonzepts von Bedeutung sind, beziehen sich auf die Bereitstellung von Stellplätzen (mit Ladestationen) im halböffentlichen und öffentlichen Bereich, die Einräumung und Durchsetzung von Nutzerprivilegien sowie die Erhebung von Parkgebühren.

Im öffentlichen Raum können Parkplätze entweder als öffentliche Einrichtungen oder als Teile des Straßenkörpers (selbstständige und unselbstständige Parkflächen) bereitgestellt werden. Der Umfang der Bereitstellung von Parkplätzen im halböffentlichen Bereich wird durch die landesrechtlichen und kommunalen Vorgaben zu Stellplatzpflichten bzw. Stellplatzbeschränkungen beeinflusst. Die Ausstattung von halböffentlichen Parkplätzen mit Ladestationen kann durch eine Verpflichtung zur Errichtung einer bestimmten Anzahl an Ladeparkplätzen, wie es die Hessische Garagenverordnung¹⁷⁴ vorsieht, vorangetrieben werden.

Für die Einräumung von Nutzerprivilegien für Elektromobilisten, also der Bereitstellung von Sonderparkplätzen für Elektrofahrzeuge (an Ladestationen) kommen grundsätzlich eine straßenrechtliche und eine straßenverkehrsrechtliche Lösung in Betracht. Eine Bereitstellung von Sonderparkplätzen für Elektrofahrzeuge im Zuge einer straßenrechtlichen Teileinziehung ist aus verschiedenen Gründen abzulehnen. Insbesondere gebietet der Vorrang des Straßenverkehrsrechts es, dass Maßnahmen, die inhaltlich das Verkehrsverhalten als solches beeinflussen, dem Straßenverkehrsrecht vorbehalten sind. Die Bereitstellung von Sonderparkplätzen für Elektrofahrzeuge führt zu einem faktischen Halte- bzw. Parkverbot für konventionelle Fahrzeuge und beeinflusst somit direkt den (ruhenden) Verkehr. Der

¹⁷² Vgl. Pallas/ Raabe/ Weis (2010), S. 407 f.

¹⁷³ Vgl. zur datenschutzrechtlichen Einordnung und den daraus resultierenden Anforderungen Raabe/ Lorenz/ Pallas/ Weis (2011), S. 48 ff.

¹⁷⁴ Verordnung über den Bau und Betrieb von Garagen und Stellplätzen (Garagenverordnung – GaVO) vom 16. November 1995 zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 21. November 2012 (GVBl. S. 444).

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	85/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

straßenverkehrsrechtlichen Lösung in Form der Einräumung eines Nutzungsprivilegs ist der Vorzug zu geben. Das geltende Straßenverkehrsrecht beinhaltet jedoch keine Ermächtigungsgrundlage für privilegiertes Parken für Elektrofahrzeuge. Der in den Bundesrat eingebrachte Gesetzes- bzw. Verordnungsentwurf der Freien und Hansestadt Hamburg, der die Einführung einer ausdrücklichen Ermächtigungsgrundlage vorsieht,¹⁷⁵ ist deshalb zu begrüßen. Für die zwangsweise Durchsetzung von Parkprivilegien ist die eindeutige Kennzeichnung der privilegierten Fahrzeuge, wie sie der Gesetzesentwurf vorsieht, erforderlich. Im Zusammenhang mit der Überwachung des Lade- und Parkvorgangs bleibt die fehlende Sichtbarkeit des Ladevorgangs problematisch: Aus Gründen der Normenklarheit muss auch klar erkennbar sein, ob der Ladevorgang noch andauert.¹⁷⁶ Insoweit besteht ein noch weitergehendes Regulierungsbedürfnis.

Für die Erhebung von Parkgebühren gilt zuletzt Folgendes: Soweit Kommunen Parkplätze als öffentliche Einrichtungen betreiben, gelten nicht die straßenrechtlichen, sondern die allgemeinen kommunalrechtlichen Vorgaben. Aufgrund des kommunalabgabenrechtlichen Kostendeckungsprinzips dürfen die Parkgebühren in diesem Fall höchstens so bemessen sein, dass die Kosten der Einrichtung gedeckt werden. Auch in allen anderen Fällen ist die Kommune bei der Bemessung der Parkgebühren nicht frei: Sie hat das Äquivalenzprinzip zu beachten, wonach kein Missverhältnis zwischen der Gebühr und dem Wert der angebotenen Leistung bestehen darf. Die Bereitstellung kostenloser öffentlicher Parkplätze für Elektrofahrzeuge sowie die Erhöhung der Parkgebühren für konventionelle Fahrzeuge stellen bei Beachtung des Äquivalenzprinzips grundsätzlich zulässige Fördermöglichkeiten der Elektromobilität dar. Die Verpflichtung zur Bereitstellung kostenloser halböffentlicher Parkplätze ist dagegen problematisch; eine Pflicht zur Verteuerung von Parkplätzen im halböffentlichen Raum ist unzulässig.

4.5.5 Modul 4 – Netzintegration

Netzintegration meint die Einbindung von Elektrofahrzeugen in die elektrischen Versorgungsnetze. Das Zusammenspiel zwischen Energieerzeugung, Energieverbrauch und lokaler Netzkapazität kann hierbei auf unterschiedliche Weise gestaltet werden, wobei Ziel immer eine hohe Netzstabilität und die Versorgungssicherheit ist.

Der Erbringung von Netzdienstleistungen an öffentlichen Ladestationen stehen grundsätzlich keine straßenrechtlichen Bedenken entgegen. Anders als der Aufbau einer Ladestation im öffentlichen Straßenraum (s.o. 3.5.3.2) stellt das Ladeparken keine Sondernutzung dar, da der Abstell- (und Lade-) Vorgang vorrangig verkehrlichen Zwecken dient. Auch im Falle der Erbringung von Netzdienstleistungen ist der Abstellvorgang als Form des Gemeingebrauchs zu betrachten, wenn das Elektroauto nicht primär als Speicher, sondern als Fahrzeug genutzt wird.

Im Zusammenhang mit dem Geschäftsmodell V2G¹⁷⁷ erweist sich die interessengerechte Ausgestaltung der vertraglichen Beziehungen zwischen den beteiligten Akteuren als große Herausforderung. Betrachtet man den Ladestationsbetreiber als Netzbetreiber und sieht man den Anwendungsbereich der Niederspannungsanschlussverordnung (NAV) als eröffnet an, ergibt sich die Schwierigkeit, dass diese einen Netzanschluss und die Anschlussnutzung zu Rückspeisungszwecken nicht vorsieht. Auch in allen anderen denkbaren Akteursstrukturen muss die Anschlussnutzung und Netznutzung zur Rückspeisung ausdrücklich vertraglich geregelt werden. Bei Entwicklung eines konkreten V2G-Geschäftsmodells müssen zudem mögliche Netzausbau- und Netzanschlusskosten als wesentlicher Kostenfaktor berücksichtigt werden.

Vorgaben für das Geschäftsmodell Teilnahme am Regelenergiemarkt (negative Minutenreserve)¹⁷⁸ ergeben sich vor allem aus dem der Teilnahme vorgelagerten Präqualifikationsverfahren und den darin nachzuweisenden Präqualifikationsbedingungen. Schwierigkeiten bereitet die Voraussetzung der 100%igen Verfügbarkeit des Anbieters von Regelenergie, welche wohl nur durch Bildung eines sehr großen Fahrzeug-Pools oder durch die Kombination der Flotte mit einer Anlage zu bewältigen ist, deren Verfügbarkeit einfacher nachzuweisen ist. Anpassungsbedarf ergibt sich zudem hinsichtlich der Notwendigkeit, jede technische Einheit separat zu präqualifizieren.

Ein möglicher Ansatz zur Förderung der Netzintegration insbesondere im Hinblick auf das Geschäftsmodell V2G ist die Befreiung bzw. Reduzierung der Strompreisbestandteile, die der Regulierung unterliegen. Eine Befreiung von den Netzentgelten und den hieran gekoppelten Umlagen (KWK-, Offshore-, § 19- und Abschaltbare-Lasten-Umlage) sowie eine Befreiung von der Stromsteuer erscheint als Förderinstrument für die Netzintegration sinnvoll, eine Befreiung von der EEG-Umlage stößt dagegen auf erhebliche

¹⁷⁵ Vgl. Bundesrat Drucksache 671/13 und 672/13.

¹⁷⁶ Mayer/ Warnecke (2013), S. 364 f.

¹⁷⁷ Vgl. hierzu ausführlicher AP8, 3.7.5.2.

¹⁷⁸ Vgl. hierzu ausführlicher AP8, 3.7.5.3.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	86/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Umsetzungsschwierigkeiten. Hinsichtlich Umsatzsteuer und Konzessionsabgabe ist eine Anpassung des Rechtsrahmens nicht erforderlich.

Zuletzt ist das als I.D.E.E. bekannt gewordenen Förderkonzept in die Betrachtungen einzubeziehen. Das Förderkonzept sieht eine jährliche Fördersumme vor, die an den Fahrzeugbesitzer in Abhängigkeit der Zeit, in der sein Elektrofahrzeug tatsächlich mit dem Netz verbunden ist, ausgezahlt werden soll. Dem Konzept stehen grundsätzlich keine verfassungsrechtlichen Bedenken entgegen. Die beihilfenrechtliche Zulässigkeit hängt wesentlich von der weiteren Entwicklung des Automobilmarktes ab und insbesondere davon, ob durch die Förderung der Wettbewerb zwischen Elektrofahrzeugen und konventionellen Fahrzeugen verfälscht werden und es aufgrund der Auswahl spezieller technischer Merkmale zu Handelsbeeinträchtigungen kommen könnte.

4.5.6 Modul 5 – IT-Plattform

Grundlage für die rechtliche Bewertung der im Rahmen des Projekts zu entwickelnden IT-Plattform und Applikation war ein gemeinsam mit den Entwicklern erarbeiteter Sachverhalt über die wesentlichen Funktionen und Funktionsweise der Applikation. Schwerpunkt der juristischen Begutachtung war die datenschutzrechtliche Bewertung der Applikation.

Da es sich bei der Applikation um ein Telemedium handelt, ist der Anwendungsbereich des Telemediengesetzes (TMG) eröffnet. Beim Umgang mit den personenbezogenen Daten, die im Rahmen der Nutzung der Applikation erhoben und verwendet werden, ist entsprechend der Systematik des TMG zwischen Bestands- und Nutzungsdaten zu unterscheiden und die jeweiligen Zulässigkeitsvoraussetzungen für deren Erhebung, Verarbeitung und Nutzung zu beachten. In diesem Zusammenhang wurde festgestellt, dass sich ein erheblicher Unterschied ergibt zwischen einem Konzept, bei dem die Dienstleistung ausschließlich in der Erstellung einer Übersicht über verschiedene Mobilitätsoptionen für eine bestimmte Strecke besteht, und einem Konzept, bei dem zusätzlich eine gebündelte Buchung und Abrechnung der gewählten Mobilitätsoption angeboten wird. In erst genanntem Fall ist eine Erhebung von Bestands- und Nutzungsdaten durch den Mobilitätsanbieter nicht erforderlich und daher ohne ausdrückliche Einwilligung des Betroffenen nicht zulässig. In zweitgenanntem Fall ist für die Begründung einer vertraglichen Beziehung zwischen Applikationsnutzer und Mobilitätsanbieter die Erhebung bestimmter personenbezogener Daten als Bestandsdaten dagegen erforderlich sowie für die Inanspruchnahme des Telemediums die Verarbeitung weiterer Daten als Nutzungsdaten. Für alle sonstigen Daten ist auch in zweitgenanntem Fall eine ausdrückliche Einwilligung durch den Betroffenen einzuholen. Dies gilt auch für die Bildung von Nutzungsprofilen, jedenfalls solange, wie die Möglichkeit einer manuellen Eingabe von Start- und Zielort vorgesehen ist.

4.6 Ökobilanzierung (AP7) -> Siemens Corporate Technology

4.6.1 Zielsetzung

Die Effizienz von Elektrofahrzeugen in Bezug auf ökonomische und ökologische Zielfunktionen ist sehr Nutzer - und somit Regionsspezifisch.

Ziel des Arbeitspaketes ist das ökologische Potential der Elektrifizierung von Laternenparkerfahrzeugen im Laborgebiet in Prenzlauer Berg (siehe Kartenausschnitt) zu identifizieren. Unter den lokalen Voraussetzungen, wie z.B. Nutzerverhalten, werden unterschiedliche Strategien für die Ladung der Fahrzeuge analysiert. Dies schafft die Grundlagen für die Entscheidung, in welcher Form die Ladeinfrastruktur ausgestaltet werden muss, um in einem sehr dicht besiedelten Gebiet in Deutschland einen maximalen Umweltnutzen zu erwirken. In diesem Zusammenhang werden über Szenarien folgende Punkte bestimmt, bzw. betrachtet:

Vergleich eines konventionellen Durchschnittsfahrzeugs mit einem Elektrofahrzeug im Laborgebiet unter lokalen Bedingungen.

Bestimmung der ökologischen Auswirkungen der Einführung von Elektrofahrzeugen im Laborgebiet in Prenzlauer Berg in 2030, basierend auf Marktdurchdringungsprognosen der TU-Greifswald.

Bestimmung der maximal zu erreichenden ökologischen Vorteile einer intelligenten Ladung (zeitvariabel) und eines V2G-Ansatzes im Vergleich zur konventionellen Ladung durch Start des Ladevorgangs unmittelbar nach Anschluss des Fahrzeugs an die Ladesäule.

Bestimmung des ökologischen Unterschieds zwischen ökonomisch und ökologisch optimierter Lade-/Rückspeisesteuerung.

Betrachtet werden die Wirkungskategorien Treibhausgaspotential, Feinstaub kleiner 10µm und NO_x.

Alle Szenarien werden spezifisch für das Laborgebiet berechnet, und basieren auf für das Laborgebiet repräsentativen Nutzerprofilen, welche sich stark vom Mobilitätsprofil im deutschen Durchschnitt unterscheiden.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	87/ 136
---	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Aus Gründen fehlender Optionen, Photovoltaikanlagen in direkter Verbindung mit Fahrzeugen ohne privatem Stellplatz im Innenstadtbereich zu betreiben, wurde auf die Bewertung eines eigenverbrauchsoptimierten Konzepts verzichtet.

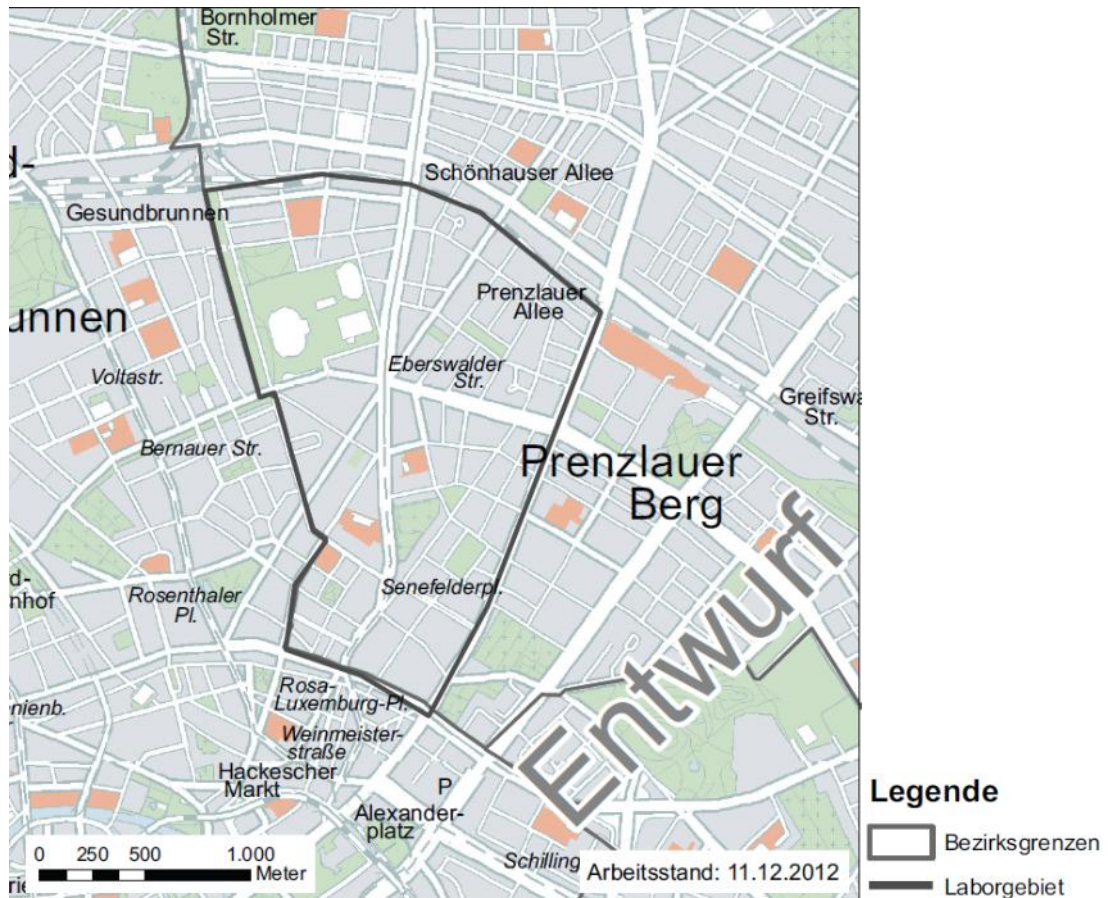


Abbildung 54: Laborgebiet (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt)

4.6.2 Vorgehensweise und Methodenbeschreibung

4.6.2.1 Ökobilanz

Es werden Ökobilanzen in Simapro, zu Teilen auch in Gabi 4 durchgeführt (je nach Datenbasis). Zur Bestimmung des geladenen Strommixes wird eine nutzerprofilsspezifische Simulation der Ladezeiten und der daraus resultierenden Stromzusammensetzung in Excel durchgeführt. Die Optimierung der Ladesteuerung ist in Open Solver geschrieben.

Systemgrenzen

Betrachtet werden Laternenparkerfahrzeuge, die im Laborgebiet angemeldet sind. Deren Verbräuche, Infrastrukturbedarf und resultierende Emissionen werden bilanziert. Dies geschieht unabhängig davon, ob sich das Fahrzeug zum Zeitpunkt der Emission im Laborgebiet befindet oder nicht.

- Berücksichtigt werden für Treibhausgasemissionen alle Lebensabschnitte von „Der Wiege bis zum Grab“. Für Luftschadstoffe werden nur Emissionen aus der Nutzungsphase bilanziert.
- Berücksichtigte Produkte und Infrastrukturen sind:
 - Fahrzeuge
 - Ladesäulen
 - Ausgeschnitten: Straßeninfrastruktur, da symmetrisch in beiden Produktsystemen vorhanden
 - Für Szenarien vor dem Jahr 2015 wird aus Gründen der Nutzengleichheit für Elektrofahrzeugbesitzer auf Strecken über 100 km angenommen, dass sie ein Mietfahrzeug mit konventionellem Antriebskonzept nutzen (ca. 2000km/Jahr und Fahrzeug).

Bilanzdatenbasis

Der Transportbedarf wird über folgende Größen bestimmt und über die Zeit konstant gehalten:

- Einwohnerzahlen des Laborgebietes basieren auf Auswertungen aus dem Fis-Broker Berlin
- Einwohner zu Fahrzeugverhältnis SRV (2008)
- Verhältnis von Fahrzeughaltern mit privatem Stellplatz zu Fahrzeughaltern ohne privatem Stellplatz SRV (2008)
- Gesamtjahreskilometerleistung der Fahrzeuge SRV (2008)
- Jahreskilometerleistung aller Einzelfahrten unter 100 km SRV (2008)

Folgende Annahmen werden getroffen:

- Durchschnittliche Lebensdauer eines PKW: 11,8 Jahre KBA (2011)
- Durchschnittliche kalendarische Lebensdauer einer Batterie: 10 Jahre Thielemann, A., Auer., et al. (2012)
- Durchschnittliche Batteriekapazität: 21kWh Geringer, B./ Tober, W. (2012)
- Summe Lade- und Entladeverlust 24,7% Geringer, B./ Tober, W. (2012)
- Für V2G verfügbare Ladekapazität: 18kWh
- Eine Laternenladesäule pro Fahrzeug ist installiert
- Ladesäule im Einzugsgebiet der Wohnung ist immer verfügbar
- Es wird ausschließlich an der Laterne zu Hause geladen
- Der Abfahrtszeitpunkt der Fahrzeuge ist bekannt
- Die Vorhersage der Stromzusammensetzung ist perfekt
- Flottenverbrauchsreduktion pro Jahr Verbrenner = E-PKW=1,06%/a
- Benzin-/Dieselfahrzeugverhältnis konstant=81%/19% KBA (2011)

4.6.2.2 Ladesimulation

Erzeugung eines flexiblen Anreizsignals

Das flexible Anreizsignal dient dem Optimierungsprozess als Orientierung. Je nach Zielfunktion versucht der Optimierungsprozess sich dem Anreizsignal zu nähern oder zu entfernen. Zur ökonomisch optimierten Ladung bildet der EPEX-Spotmarktpreis für das Jahr 2012 das flexible Anreizsignal. Bei der Zielfunktion „Minimiere Stromkosten“ versucht der Optimierungsprozess das Elektrofahrzeug dann zu laden, wenn der EPEX-Spotmarktpreis für Strom niedrig ist. Daneben kann im Vehicle to Grid Ansatz Energie aus der Fahrzeugbatterie in das Netz zurückgespeist werden, wenn der EPEX-Spotmarktpreis für Strom hoch ist. Dafür erfolgt eine Gutschrift, die die Strombezugskosten senkt. Weitere, nicht flexible Preisbestandteile des Stroms werden nicht berücksichtigt. Für das Jahr 2030 sind keine Strompreisinformationen verfügbar.

Um eine ökologisch optimierte Ladung zu verfolgen wurde ein flexibles Anreizsignal auf Basis von Emissionen der Stromerzeugung generiert. Als Gewichtungsfaktoren dienen standard CO₂e-Emissionsfaktoren aus der Ecoinvent Datenbank. Hierbei ist zu beachten, dass nur die erneuerbaren, fluktuierenden Erzeugungsarten individuell aufgeschlüsselt werden. Auf Grund von Datenlimitierungen werden die Gewichtungsfaktoren der nicht fluktuierenden Erzeugungsarten aggregiert erfasst. Aus dem Anteil an Windkraft, Fotovoltaik und nicht fluktuierenden Erzeugung wird ein je nach im Jahr 2012 eingetretener Erzeugung gewichteter Emissionsmix berechnet. Das Ziel des Optimierungsprozesses, die Minimierung der durch die Ladung verursachten Emissionen, kann durch die Verschiebung der Ladung in Zeiten mit niedrigen Emissionsmix erreicht werden. Dies ist gleichbedeutend mit einer Verschiebung der Ladung in Zeiten mit verhältnismäßig hoher Einspeisung von fluktuierenden erneuerbaren Energieträgern wie Wind und Sonnenstrahlung. Vergleichbar mit der ökonomisch optimierten Ladung kann im Vehicle to Grid Ansatz Energie aus der Fahrzeugbatterie in das Netz zurückgespeist werden, wenn der Emissionsmix des erzeugten Stromes hoch ist. Dafür erfolgt eine Gutschrift, die die Emissionen der Ladung senkt. Das flexible Anreizsignal wird stundengenau auf Basis der hochgerechneten Windkraft und Fotovoltaikerzeugung, sowie der vertikalen Netzlast in Deutschland für das Jahr 2012 berechnet. Im Jahr 2030 wird die vertikale Netzlast sowie die Emissionen der nicht fluktuierenden Erzeugung vereinfacht als identisch zum Jahr 2012 angenommen, wohingegen die Einspeisung von erneuerbaren fluktuierenden Energieträgern auf Basis der Auslastung im Jahr 2012 und mit den Ausbauzielen der Bundesregierung für Windkraft und Fotovoltaik hochgerechnet wird.

Nutzerprofilerstellung der Fahrzeuge

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	89/ 136
---	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Die Simulation unterschiedlicher Ladestrategien benötigt detaillierte, regionsspezifische, zeitlich hochaufgelöste Nutzerprofile (Standzeiten an der Laterne und Ladezustand bei Eintreffen des Fahrzeugs). Für die Bewertung der E-Mobilität im Laborgebiet muss außerdem der Anteil der Strecken bestimmt werden, der wirklich mit Elektrofahrzeugen abgedeckt werden kann. Dies schließt in 2012 Urlaubsfahrten, bzw. Fahrten mit Einzelwegen über 100 km aus (Annahme).

Die individuellen Fahrprofile von Personen wurden mit Hilfe einer Monte Carlo ähnlichen Simulation erstellt. Das Verfahren ist in folgender Grafik beispielhaft illustriert (siehe Abbildung 55).

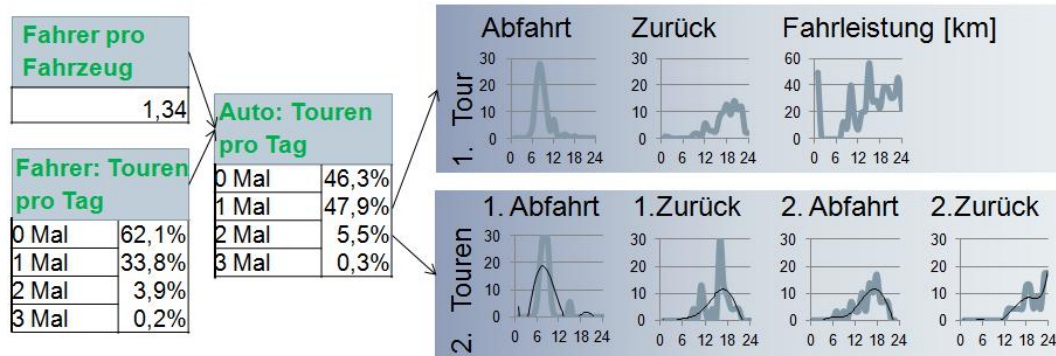


Abbildung 55: Pfad der mit Zufallsgenerator erstellten Fahrprofile

Für die Wochentage bot die Datenbasis eine von der TU-Berlin extra zu diesem Zweck angefertigte statistische Auswertung des SRV-Mobilitätsdatensatzes SRV (2008). Einbezogen wurden unter der Woche Befragte mit: Anzahl der Pkw im Haushalt >0, Verfügbarkeit von Pkw im Haushalt am Stichtag (uneingeschränkt oder nach Absprache), wohnen im Prenzlauer Berg, parken im öffentlichen Straßenraum und im Besitz eines Führerschein.

Für die Wochenenden musste auf für Deutschland repräsentative Auswertungen des SRV-Mobilitätsdatensatzes zurückgegriffen werden, da die Anzahl der am Wochenende im Laborgebiet Befragten, keine ausreichende Probengröße ergab. Follmer, R./ Lenz, B., et al. (2010)

Um auf fahrzeugrepräsentative Nutzerprofile zu kommen, musste die Anzahl der Fahrer pro Fahrzeug auf folgendem Weg bestimmt werden (siehe Abbildung 56):

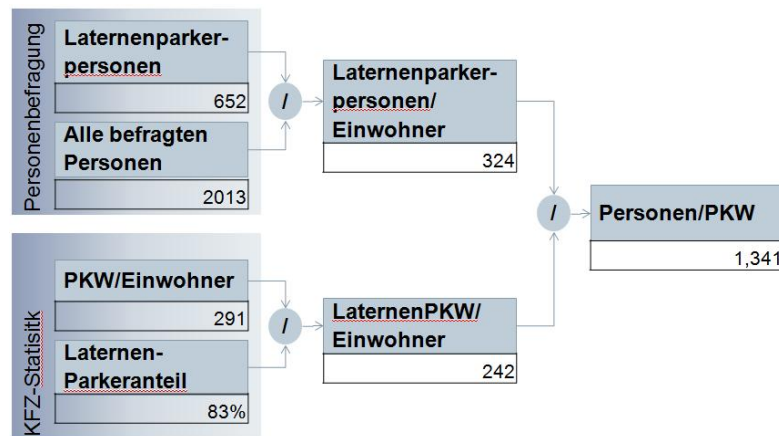


Abbildung 56: Pfad zur Berechnung der Nutzung von Fahrzeugen durch mehrere Personen

Einlesen der Elektrofahrzeugverfügbarkeit und Elektrofahrzeugeenergiebedarf

Die Ladung und Rückspeisung der Elektrofahrzeuge kann bei Anschluss an eine Ladestation erfolgen. Dazu werden Nutzerprofile eingelesen, aus denen hervorgeht, wann das Elektrofahrzeug an der Ladestation angeschlossen ist und welche Entfernung es seit der letzten Ladung zurückgelegt hat. Daraus wird in Kombination mit der Monatsdurchschnittstemperatur abgeschätzt, welche Energie geladen werden muss Geringer, B./ Tober, W. (2012), damit die Batterie für den nächsten Einsatz vollständig geladen ist. Ein Beispiel

einer repräsentativen Woche für ein durchschnittliches Fahrzeug ist in folgendem Graf dargestellt (siehe Abbildung 57).

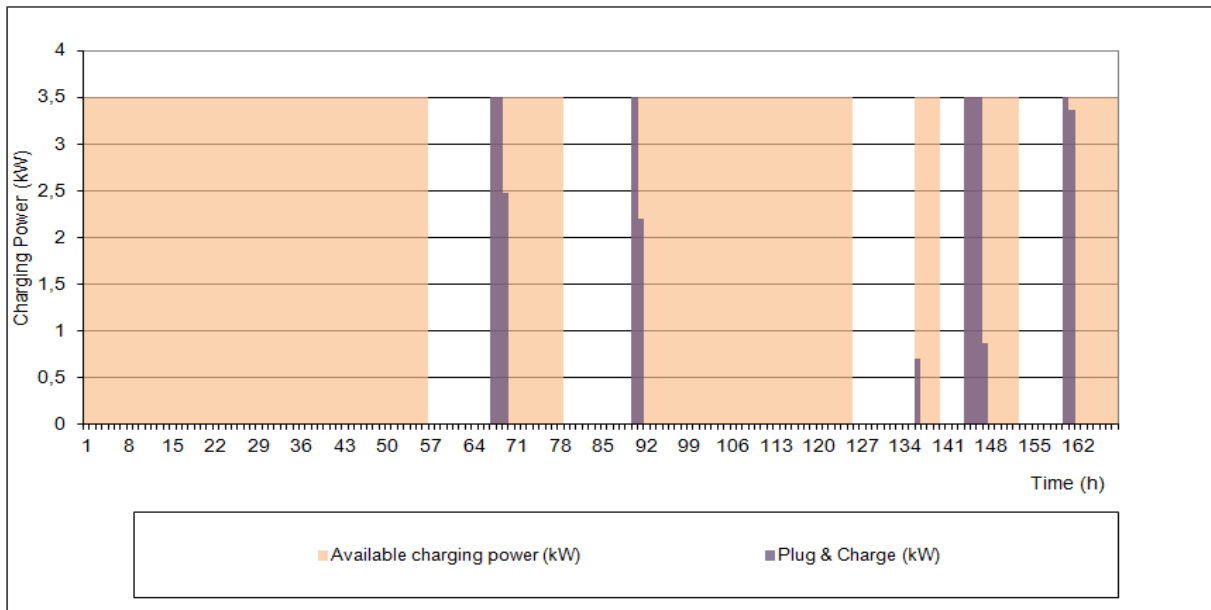


Abbildung 57 Anwesenheitsprofil eines Fahrzeugs mit Ladezeitpunkten für die Woche 1.-7. Oktober 2012

Formulierung und Lösen des Optimierungsproblems

Das Optimierungsproblem besteht aus einer Zielfunktion, oftmals mehreren Nebenbedingungen sowie Variablen. Die Zielfunktion kann in diesem Projekt die Größen „minimale Kosten der Ladung“ oder „minimale Emissionen der Ladung“ annehmen. Die Nebenbedingungen grenzen den Lösungsraum ein. Nebenbedingungen sind die maximale Lade- & Rückspeiseleistung, die Kapazität der Batterie, die Verfügbarkeit des Elektrofahrzeuges sowie die Bedingung, dass die Batterie vor dem nächsten Einsatz vollständig geladen ist. Die Variablen sind die möglichen Lade- oder Rückspeisezustände jeder betrachteten Stunde. Das generierte lineare Optimierungsproblem wird mit dem Open Source MS Excel Add-in „OpenSolver“ gelöst. Ein Beispiel für eine ökologisch optimierte Ladung in 2012 und das ökologisch optimierte V2G-Verfahren in 2012 und 2030 ist im Folgenden visualisiert (siehe Abbildung 58, Abbildung 59 und Abbildung 60).

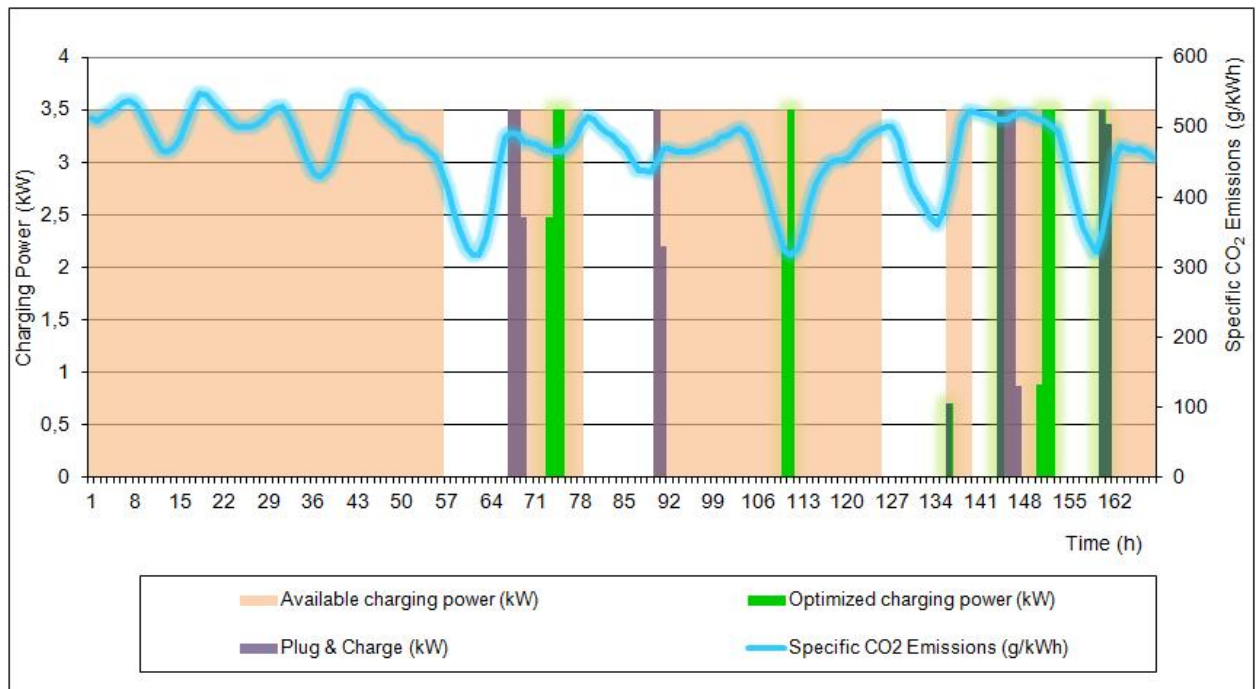


Abbildung 58: Ökologisch optimiertes Ladeprofil eines Fahrzeugs in 2012

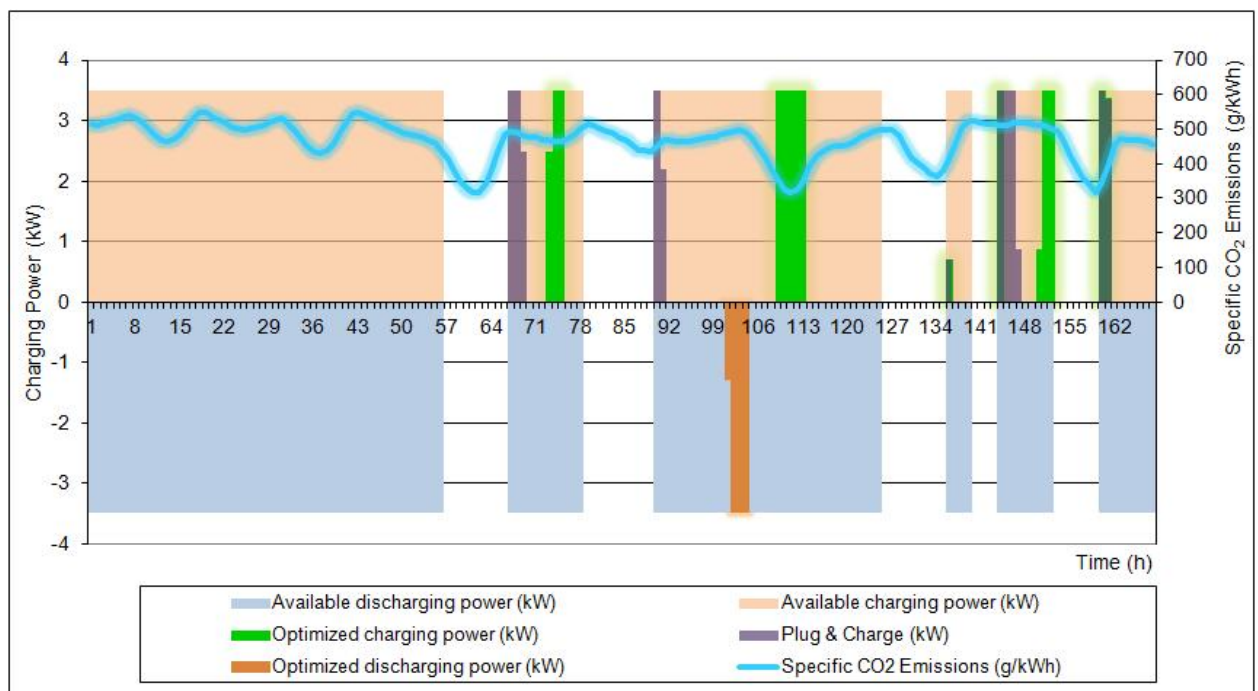


Abbildung 59: Ökologisch optimiertes Laden und Entladen eines Fahrzeugs im V2G-Verfahren in 2012

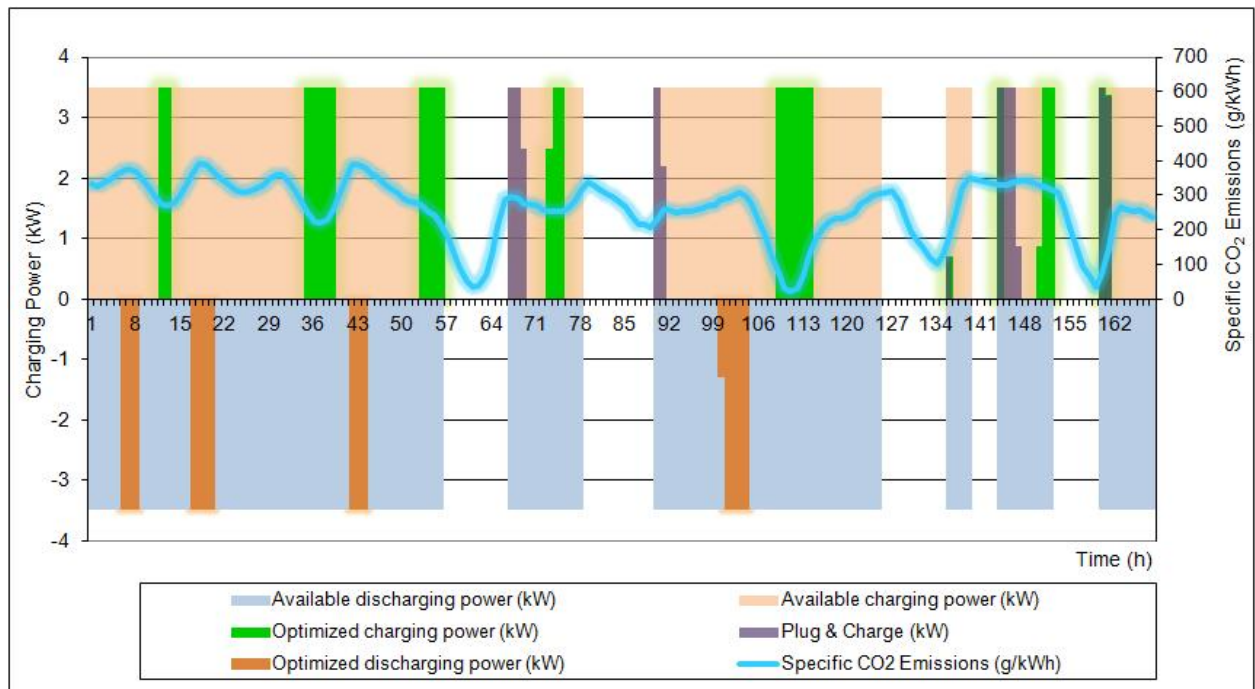


Abbildung 60: Ökologisch optimiertes Laden und Entladen im V2G-Verfahren in 2030

Auswertungsverfahren

Die Ergebnisse der optimierten Ladung mit oder ohne Rückspeisung werden mit einer sofortigen Ladung bei Rückkehr des Elektrofahrzeuges an die Ladesäule verglichen. Neben der benötigten Energiemenge werden die durch die Ladung mit oder ohne Rückspeisung verursachten Stromkosten und Emissionen ausgegeben. Zusätzlich wird berechnet, wie hoch der Windkraft- und Fotovoltaikstromanteil an der Ladung ist. Um die Abnutzung der Batterie darzustellen werden zudem die Zyklenanzahl und die durchschnittliche Entladetiefe dargestellt. Aus diesen Einzelgrößen werden weiterführend die spezifischen Emissionen pro kWh sowie die Anzahl der benötigten Batterien in 10 Jahren berechnet nach Link, J. (2011).

Limitierungen

Die Simulation bedient sich vereinfachender Annahmen und kann die Realität nur bedingt widerspiegeln. So wird eine perfekte Prognose des Nutzerprofils, eine ausreichende Anzahl und hundert prozentige Verfügbarkeit der Ladesäulen angenommen. Zudem geht das Modell davon aus, dass die Fahrzeuge ausschließlich an der Laterne vor der Haustür und dort ab einer Standzeit von einer Stunde angeschlossen werden, da von einer lokalen Maßnahme ausgegangen wird. Eine weitere Limitierung ist die Annahme, dass durch die gezielte Entnahme von Strom zu Zeiten hoher erneuerbarer Stromeinspeisung die Emissionen reduziert werden. Dies ist jedoch erst dann der Fall, wenn erneuerbare Stromeinspeisung zusätzlich ermöglicht wird. Dies kann geschehen, wenn die erneuerbare Stromeinspeisung den Strombedarf im Netz übersteigt und erst genutzt werden kann, wenn das Elektrofahrzeug geladen wird. Dieses Szenario ist im Jahr 2013 bis auf wenige Fälle im Verteilnetz nicht gegeben, kann aber, wie die Simulation für das Jahr 2030 zeigt, in Zukunft durch steigende Windkraft- und Fotovoltaikkapazitäten eintreten. Derzeit führt die Entnahme von Energie aus dem Stromnetz zu einer zusätzlichen Bereitstellung von Energie aus regelbaren Kraftwerken, welche in den meisten Fällen auf Basis nicht erneuerbarer Energieträger arbeiten. In dieser Studie sind mögliche Rückkoppeleffekte nicht betrachtet. Dazu zählt z.B. der gleichzeitige Strombezug von zahlreichen Elektrofahrzeugen (oder anderen nach dieser Zielgröße optimiert betriebenen elektrischen Lasten) bei niedrigerem Emissionsmix und der damit abnehmende relative Anteil an erneuerbaren, fluktuierenden Energieträgern. Daraus würde wiederum ein steigender Emissionsmix resultieren.

4.6.3 Auswertung der Ergebnisse

Die Ergebnisse werden im Folgenden nach den individuellen Zielen aufgeführt. Die Ergebnisse der Ökobilanz enthalten die Ergebnisse der Ladesimulation in Form der spezifizierten Strommixe. Die Optimierung der Strommixe basiert wiederum auf Ökobilanzergebnissen. Eine Trennung der Ergebnisdarstellung nach Ökobilanz und Ladesimulation ist somit nicht zweckmäßig.

4.6.3.1 Fahrzeugvergleich unter lokalen Bedingungen

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	93/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

Der Fahrzeugvergleich eines durchschnittlichen Verbrennungsfahrzeuges des Laborgebietes mit einem Elektrofahrzeug im Laborgebiet wird auch unter Annahme unterschiedlicher Ladestrategien verglichen. Folgendes Balkendiagramm (siehe Abbildung 61) visualisiert die Zusammenhänge für das Jahr 2012 unter der Annahme, dass ein konventionelles Langstreckenfahrzeug für Einzelwege über 100km angemietet wird.

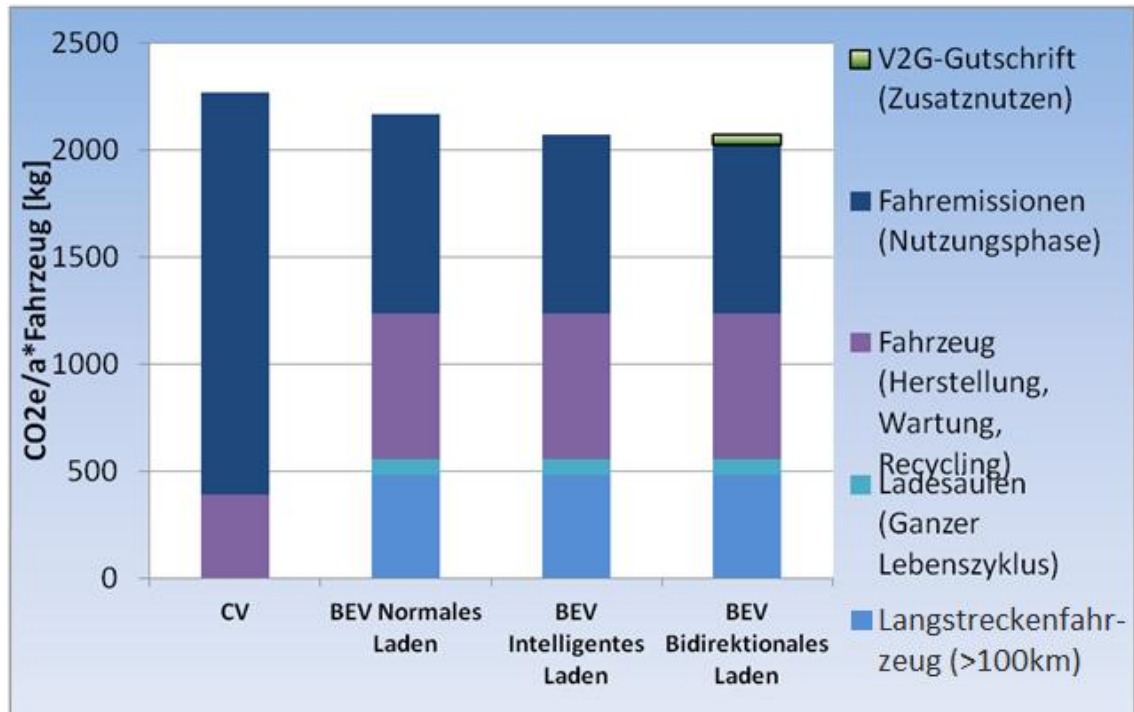


Abbildung 61: Fahrzeugvergleich 2012

Für das Jahr 2030 (siehe Abbildung 62) wird angenommen, dass eine ausreichende Ladeinfrastruktur für Langstreckenfahrten für Elektrofahrzeuge vorhanden ist, wodurch ökologische Zusatzaufwände für weitere konventionelle Langstreckenfahrzeuge entfallen. Es wird angenommen, dass die Ladezyklenfestigkeit der Batterien bis ins Jahr 2030 so weit gesteigert werden kann, dass kein vorzeitiger Austausch der Batterien notwendig ist. Die Ladezyklenfestigkeit muss sich demnach mindestens um den Faktor 1,5 verbessern.

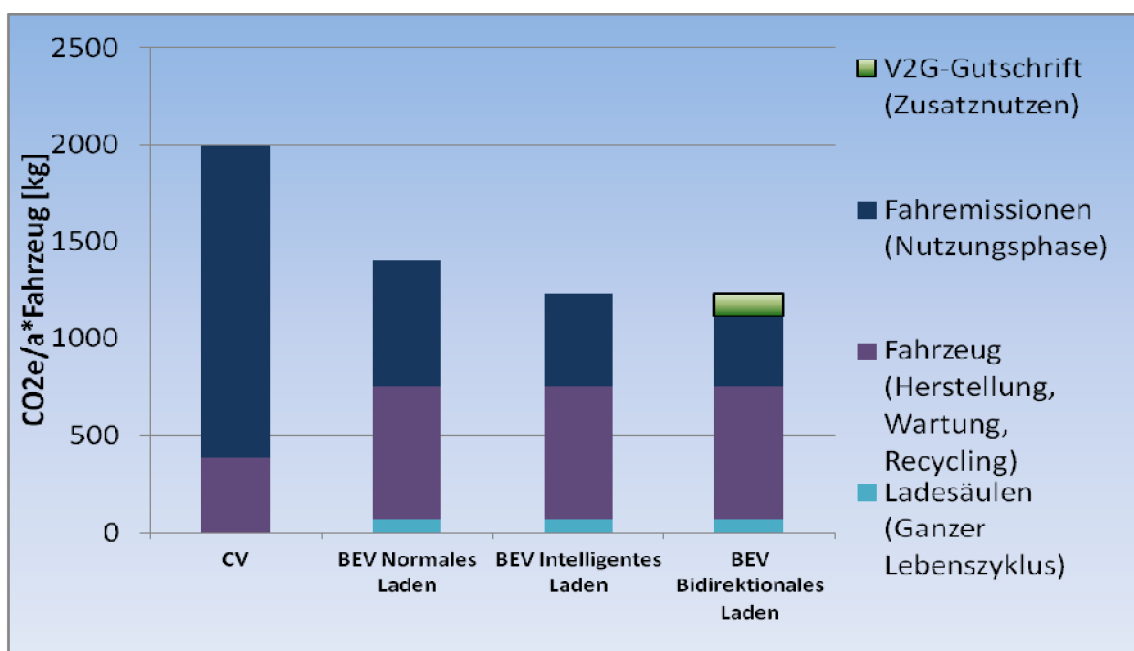


Abbildung 62: Fahrzeugvergleich 2030

4.6.4 Ökologische Auswirkungen durch Elektrofahrzeuge in Prenzlauer Berg im Jahr 2030

Für die Bestimmung der ökologischen Auswirkungen der Elektromobilität werden für globale Emissionen alle gefahrenen Kilometer der im Laborgebiet registrierten Fahrzeuge ausgewertet (siehe Abbildung 63). Für die Lokalen Emissionen werden nur Fahrten mit Einzelstrecken kleiner 100 km betrachtet. 5% der Fahrzeuge werden als Elektrofahrzeuge angenommen, basierend auf Marktdurchdringungsprognosen der TU-Greifswald.

Limitierung: für lokale Emissionen sind keine Vorketten für Strom-, Benzin- oder Dieselherstellung enthalten, da diese nicht lokal emittiert werden. Dies sorgt für eine Asymmetrie der Betrachtung von Feinstaub und Stickstoffoxiden im globalen Bezugsraum, da die Vorkette der Elektrofahrzeuge in der Regel höhere Emissionen aufweist als die der Verbrennungsfahrzeuge.

Beleuchtet werden folgende Szenarien:

- Sz 0. 100% konventionelle Laternenparker-PKW
- Sz 1. 5% elektrische Fahrzeuge, normales Laden
- Sz 2. 5% elektrische Fahrzeuge, intelligentes Laden
- Sz 3. 5% elektrische Fahrzeuge, Bidirektionales Laden

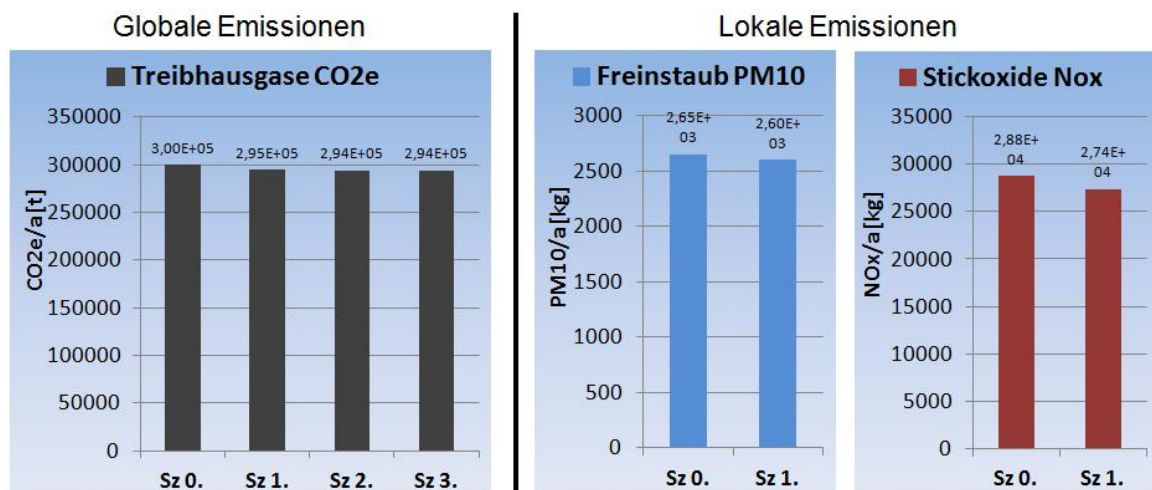


Abbildung 63: Ökologische Auswirkungen im Laborgebiet

4.6.4.1 Ökologische Vorteile durch intelligente Ladung und V2G-Ansatz

Als Ergebnis zeigt sich, dass die optimierte Ladung von Elektrofahrzeugen die Emissionen gegenüber der unregelmäßigen Ladung um gut 10% reduziert. Die bei der Ladung von Elektrofahrzeugen vorhandene Flexibilität reicht aus, um den Anteil an erneuerbaren fluktuierenden Energien am Ladestrom von 13% bei der unregelmäßigen Ladung auf geregelt 23% zu erhöhen. Gleichzeitig wird eine Reduktion der Strombezugskosten (an der Börse) um 1,2 cent, bzw. 24% beobachtet. Eine Erklärung dafür kann der Merit-Order Effekt sein: Die erneuerbaren fluktuierenden Energien bieten Strom zu Grenzkosten von Null an der Strombörse an und senken damit den Preis für den Strom. Daraus ergibt sich eine gleichzeitige Absenkung von Emissionsmix und Strompreis.

Der Vehicle to Grid Ansatz (V2G) kann einen zusätzlichen ökologischen Nutzen um 13% sowie einen ökonomischen Nutzen von 1,5 cent, bzw. 30% generieren (Börseneinkaufspreis). Die begrenzte Anwendbarkeit des V2G-Ansatzes erklärt sich durch die Lade- und Entladeverluste. Der Einsatz von V2G scheitert häufig an der Überwindung dieser Verluste, sodass der im Optimierungsergebnis V2G im Jahr 2012 nur selten genutzt wird. Im Jahr 2030 wird der V2G-Ansatz bereits häufiger genutzt, da durch die geplante Kapazitätserweiterung an fluktuierenden Energieträgern wie Fotovoltaik und Windkraft für größere Sprünge im Emissionsmix gesorgt ist.

Folgende Abbildungen zeigen die nach unterschiedlichen Ladestrategien erreichbaren Zusammensetzungen des Ladestroms (siehe Abbildung 64):

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	95/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

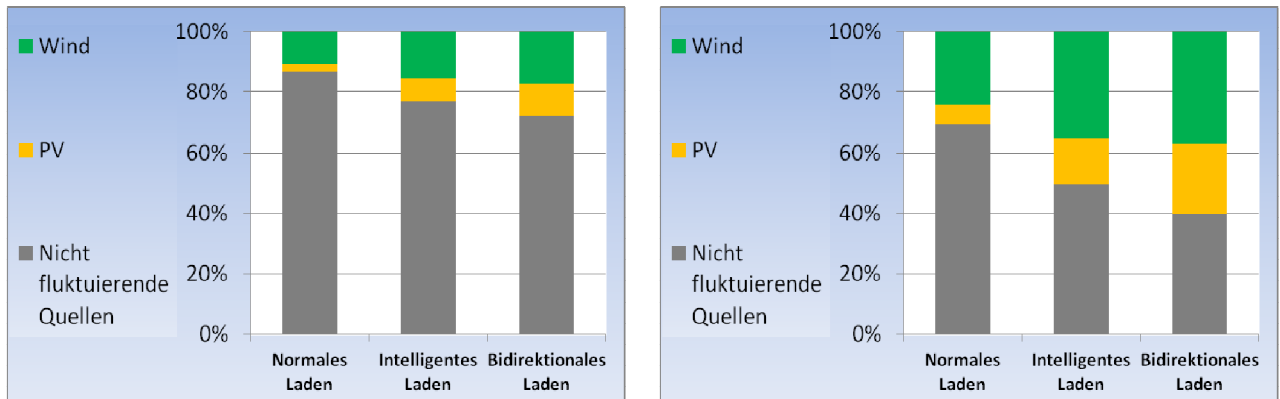


Abbildung 64: Fahrstromzusammensetzung nach Ladestrategie 2012 links und 2030 rechts

4.6.5 Unterschiede zwischen ökonomisch und ökologisch optimierter Lade-/Rückspeisesteuerung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der ökonomischen und ökologischen Optimierung der Ladung der Elektrofahrzeuge erst nach Energieeinkaufspreis und dann nach Treibhausgasemissionen gegenübergestellt. Es wird nach Börsenpreisen optimiert (ohne Aufschläge anderer Dienstleister aus Übertragungs- und Verteilnetzen). Aus diesem Grund sind in dieser Darstellung auch für die Treibhausgasemissionen keine Übertragungsverluste mit berücksichtigt.

Ökonomische Indikatoren

Bei Optimierung nach ökologischer Zielfunktion ist der Einkaufspreis für Energie bei intelligenter Ladung und auch beim V2G-Ansatz signifikant niedriger als bei nicht ökologisch optimierter Ladung (siehe Abbildung 65).

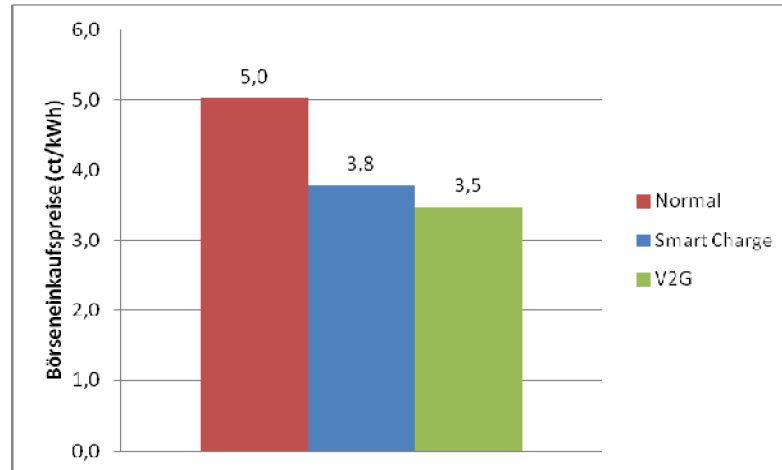


Abbildung 65: Durchschnittlicher Börseneinkaufspreis nach ökologisch optimierter Ladestrategie unter Berücksichtigung der Lade- und Entladeverluste in 2012

Bei Optimierung nach EPEX-Börsenpreisen ergeben sich folgende Einkaufspreise in 2012: Das ökonomisch optimierte Laden ermöglicht eine Reduktion des Einkaufspreises für Strom um nahezu 50%. Der V2G-Ansatz ermöglicht es sogar netto zu negativen durchschnittlichen Börsenpreisen einzukaufen (siehe Abbildung 66).

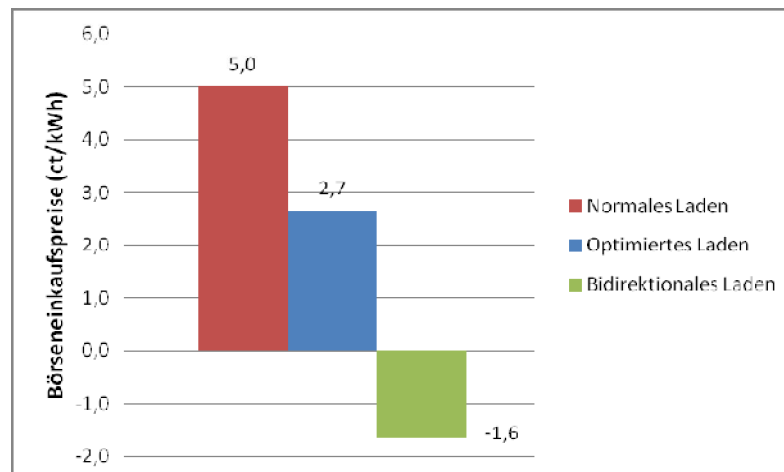


Abbildung 66: Durchschnittlicher Börseneinkaufspreis nach ökonomisch optimierter Ladestrategie unter Berücksichtigung der Lade- und Entladeverluste in 2012

Die Optimierung nach Stromkosten für Endkonsumenten nimmt an, dass Schwankungen der Börsenpreise direkt an den Endkunden weitergeleitet werden, während alle anderen Kosten von Netzbetreibern usw. pro Kilowattstunde konstant gehalten werden. Die Simulation kommt zu den folgenden Ergebnissen für die Stromkosten des Endkonsumenten (siehe Abbildung 67):

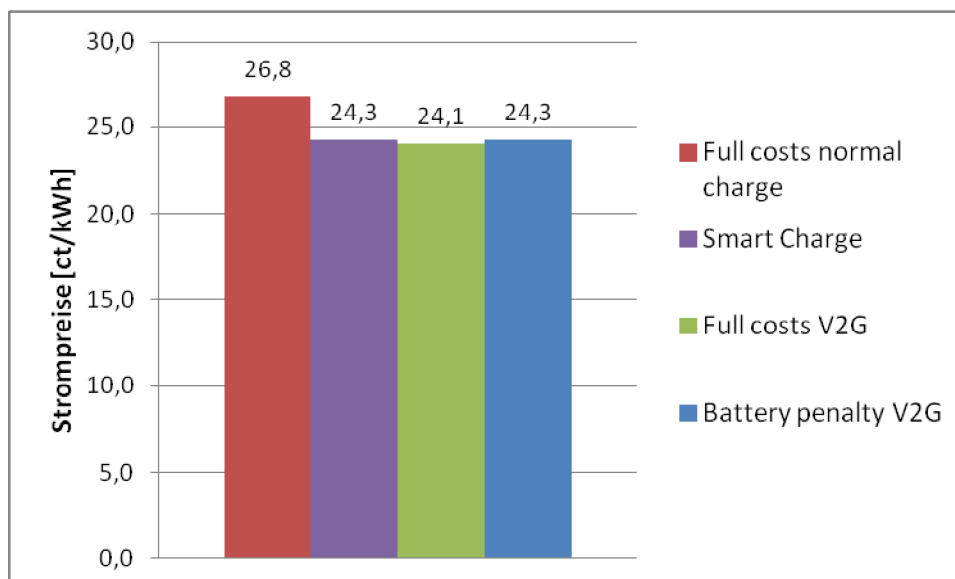


Abbildung 67: Durchschnittlicher Endkundenpreis nach ökonomisch optimierter Ladestrategie unter Berücksichtigung der Lade- und Entladeverluste in 2012

Ökologische Indikatoren

Die ökologisch optimierten Lade- und Entladestrategien ergeben folgende Emissionen (ohne Übertragungsverluste siehe Abbildung 68):

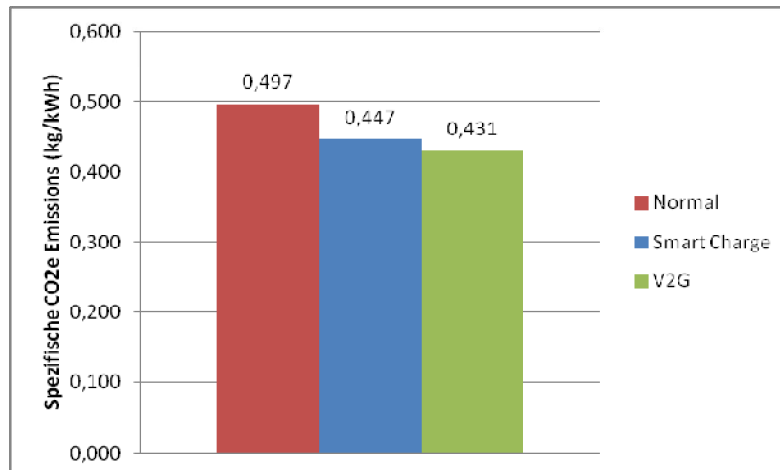


Abbildung 68: Durchschnittliche THG Emissionen pro kWh nach ökologisch optimierter Ladestrategie unter Berücksichtigung der Lade- und Entladeverluste in 2012

Ökonomisch optimiertes Laden ermöglicht, gemessen an den Treibhausgasen, eine um 3% bessere ökologische Leistung als das nicht optimierte Laden, jedoch eine um 7% geringere ökologische Leistung als das ökologisch optimierte Laden.

Der ökonomisch optimierte V2G-Ansatz verursacht, gemessen an den Treibhausgasen, eine um 60% schlechtere ökologische Leistung als das nicht optimierte Laden, und eine um 80% geringere ökologische Leistung als der ökologisch optimierte V2G-Ansatz (siehe Abbildung 69).

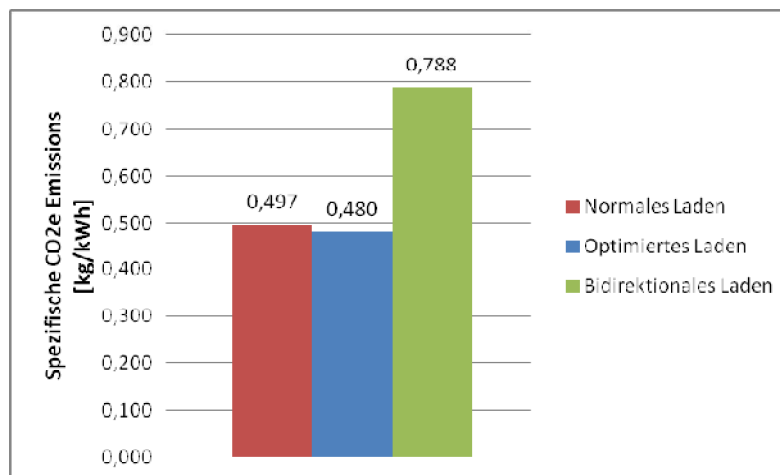


Abbildung 69: Durchschnittliche THG Emissionen pro kWh nach ökonomisch optimierter Ladestrategie unter Berücksichtigung der Lade- und Entladeverluste in 2012

4.6.6 Fazit

Es konnte gezeigt werden, dass die langen Standzeiten der Fahrzeuge im Laborgebiet ausreichend Flexibilität für die Ladung bereitstellen, um den Anteil an erneuerbaren, fluktuierenden Energien am Fahrstrom durch intelligentes Laden signifikant zu erhöhen. Der maximale Nutzen dieser Flexibilität ist umso stärker, je größer die Erzeugungskapazitäten aus Windkraft und Fotovoltaik sind, wie es für das Jahr 2030 geplant ist. Auf Grund dessen und wegen der breiteren Einsetzbarkeit von Elektrofahrzeugen (Unter der Annahme, dass in Zukunft auch Urlaubsfahrten von Elektrofahrzeugen bewältigt werden können), verbessert sich die Umweltperformanz von Elektrofahrzeugen in Zukunft deutlich gegenüber konventionellen Verbrennungsfahrzeugen (ohne Hybridisierung). Dieser Effekt kann durch ökologisch, etwas weniger signifikant aber auch durch ökonomisch optimiertes, intelligentes Laden deutlich verstärkt werden. Der V2G-Ansatz führt zu einer Minderung von THG Emissionen, solange ökologisch optimiert wird und sobald die ökologischen Effekte der Verdrängung von CO₂ verursachender Stromerzeugung die der Be- und Entladeverluste übertrifft. Dies kann zum einen durch eine Steigerung der Be- und Entladeeffizienz bewirkt

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	98/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

werden und zum anderen durch größere Hübe im Emissionsmix, d.h. in der Erzeugung von erneuerbaren, fluktuierenden Energien. Es ist jedoch sehr eindeutig, dass börsenpreisintenziviertes, bidirektionales Laden zu einer signifikant schlechteren Umweltperformanz führt. Bei derzeit verfügbaren Endkundenpreisen für Elektrizität dagegen würde die Bidirektionalität nach ökonomischer Optimierung gar nicht genutzt werden. Die Nutzung einer intelligenten Ladung von E-Fahrzeugen kann die Integration von erneuerbaren Energien unterstützen. Dabei kann ein Großteil des Nutzens ohne die bidirektionale Nutzung der E-Fahrzeuggatterie, sondern nur durch zeitlich optimierte Ladung erzielt werden. Dies gilt für alle untersuchten Inzentivstrukturen. Die intelligente Ladung von E-Fahrzeugen sollte als ökologisch vorteilhafte Alternative zum unregulierten E-Fahrzeug Laden und vor allem gegenüber KFZ mit Verbrennungsmotoren ausgebaut werden. Dazu muss neben einer verbesserten Prognose des Nutzerverhaltens an regulatorischen Vereinfachungen zum Entstehen von Geschäftsmodellen und am Ausbau von Windkraft und Fotovoltaik gearbeitet werden. Dies gilt für bidirektionales Laden umso mehr, da hier bei falscher Ausgestaltung signifikant negative ökologische Externalitäten erzeugt werden können.

4.7 Geschäfts- und Finanzierungsmodelle (AP8) -> IKEM

4.7.1 Inhalte und Ziele des Arbeitspakets

Ziel des Arbeitspakets Geschäftsmodelle im Rahmen dieser Voruntersuchung war eine wirtschaftliche Grobbewertung von Geschäftsmodellen im Zusammenhang mit dem Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur. Darüber hinaus sollten wirtschaftliche Rahmenbedingungen des Aufbaus öffentlicher Ladeinfrastruktur untersucht werden, um zentrale Fragestellungen für die Folgestudie zu identifizieren. Zu diesem Zweck erfolgte die Aufarbeitung bestehender Publikationen zu Betriebs- und Geschäftsmodellen für öffentliche Ladeinfrastruktur sowie die Grobbewertung verschiedener Geschäfts-, Markt- und Finanzierungsmodelle in den Bereichen Laden, Parken, Ladeinfrastruktur und Netzintegration. Das Arbeitspaket Geschäfts- und Finanzierungsmodelle gliedert sich wie AP6 (s.o.) in fünf Module: 1.) Annahmen und Prämissen, 2.) Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur, 3.) Parkraummanagement, 4.) Netzintegration und 5.) IT-Plattform. Die folgenden Abschnitte stellen eine Zusammenfassung der projektinternen Modulberichte dar. Eine umfassende und abschließende Analyse war aufgrund der thematischen Breite nicht möglich.

4.7.2 Modul 1: Annahmen und Prämissen

Inhalt des Moduls

Im Rahmen des Moduls 1 wurden zunächst zentrale Begriffe und Konzepte definiert, um ein einheitliches Verständnis sicherzustellen. Dazu zählen beispielsweise Laternenparker sowie öffentliche und halböffentliche Ladeinfrastruktur.

Öffentliche und halböffentliche Ladeinfrastruktur

Die Ladeinfrastruktur ist der zentrale Untersuchungsbereich des Projekts City2.e. Die Definition von Ladeinfrastruktur folgt den Ansätzen der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE): Die Gesamtheit aller Ladestationen bzw. Ladestellen wird als Ladeinfrastruktur bezeichnet.¹⁷⁹ Grundsätzlich können verschiedene Merkmale herangezogen werden, um öffentliche, halböffentliche und private Ladeinfrastruktur voneinander abzugrenzen. Die Nationale Plattform Elektromobilität definiert öffentliche und halböffentliche Ladestellen wie folgt:

- **Öffentlich:** „Im öffentlichen Raum befindliche Ladepunkte; zum Beispiel für Laternenparker oder an zentralen Stellen.“¹⁸⁰
- **Halböffentlich:** „Ladepunkte auf öffentlich zugänglichen Flächen in Privatbesitz wie zum Beispiel Supermarktparkplätzen oder Parkhäusern.“¹⁸¹

Als zentrales Unterscheidungsmerkmal zwischen öffentlicher, halböffentlicher und privater Ladeinfrastruktur werden die Eigentumsverhältnisse der Fläche, auf dem sich die Ladestelle befindet, herangezogen. Entscheidend ist also, ob die Fläche auf der sich die Ladestation befindet, in öffentlichem oder privatem Eigentum ist. Ein weiteres Abgrenzungsmerkmal von privater Ladeinfrastruktur ist die Ausschließbarkeit der Nutzung.¹⁸² Ladepunkte im privaten Raum, die von vornherein nur bestimmten Nutzern zur Verfügung stehen und weite Teile der Öffentlichkeit (bzw. eine unbestimmbare Nutzergruppe) prinzipiell ausschließen,

¹⁷⁹ Vgl. NPE (2011). Zum Begriff der Ladestation vgl. AP6, 3.5.2.

¹⁸⁰ NPE (2011), S. 36.

¹⁸¹ NPE (2011), S. 36.

¹⁸² Vgl. NPE (2011), S. 36.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	99/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	------------

stellen unabhängig von ihrer Größe private Ladeinfrastruktur dar. Ein Firmenparkplatz, der ausschließlich den Angestellten des Unternehmens zum Parken und Laden zur Verfügung steht, ist daher kein halböffentlicher Parkraum bzw. keine halböffentliche Ladeinfrastruktur für Laternenparker. In Abgrenzung dazu ist der halböffentliche Supermarktparkplatz oder das halböffentliche Parkhaus dadurch gekennzeichnet, dass die Ladeinfrastruktur prinzipiell einer unbestimmten Nutzergruppe zur Verfügung steht. Selbst wenn das Parken nur Kunden des Supermarktes vorbehalten ist, liegt die Entscheidung zur Nutzung beim Verbraucher. Die allgemeine Nutzbarkeit der Ladeinfrastruktur ist auch gegeben, „wenn der Nutzer eine Parkgebühr entrichten muss oder seine Nutzung bestimmten Bedingungen oder sonstigen Voraussetzungen unterfällt.“¹⁸³ Prinzipiell besteht auch bei halböffentlicher Ladeinfrastruktur die Möglichkeit, dass der Betreiber einzelne Nutzer oder bestimmte Nutzergruppen ausschließt. Es wird bei dieser Definition jedoch unterstellt, dass Betreiber halböffentlicher Ladeinfrastruktur Interesse an einer hohen Auslastung ihrer Parkplätze haben.

Laternenparker

Die Laternenparker sind dadurch gekennzeichnet, dass sie keine Möglichkeit haben, ein in ihrem Besitz befindliches Fahrzeug, zum Beispiel nachts, auf privaten Flächen abzustellen und zu laden.¹⁸⁴ Die Verfügbarkeit öffentlicher oder halböffentlicher Ladeinfrastruktur ist für diese Gruppe maßgebliches Entscheidungskriterium für oder gegen die Anschaffung eines Elektrofahrzeuges. Das Beratungsunternehmen Bain & Company schätzt den Anteil dieser Kunden deutschlandweit auf etwa 10 bis 15 Prozent.¹⁸⁵ Diese Zahl dürfte je nach betrachteter Region stark schwanken. In Berlin nutzten im Jahr 2008 beispielsweise 70 Prozent der Haushalte innerhalb des S-Bahn Ringes und 50 Prozent der Haushalte außerhalb des S-Bahn Ringes über Nacht öffentlichen Parkraum.¹⁸⁶

Ladevarianten und Investitionskosten

Als Grundlage für die Grobbewertung der Wirtschaftlichkeit des Aufbaus und Betriebs öffentlicher Ladeinfrastruktur wurden verschiedene wissenschaftliche Publikationen hinsichtlich der Entwicklung der Investitionskosten in die Infrastruktur ausgewertet. Folgende Tabelle gibt einen Überblick über verschiedene Schätzungen für die Entwicklung der Investitionskosten öffentlicher und halböffentlicher Ladeinfrastruktur. Die technischen Spezifikationen basieren auf den Angaben der NPE.¹⁸⁷ Zusätzlich müssen Kosten für die Nutzung des Grundstücks kalkuliert werden. In diesem Zusammenhang wird auf Annahmen aus dem Projekt G4V zurückgegriffen. Dort werden diese Kosten auf 1.000 bis 3.000 Euro/m² geschätzt.¹⁸⁸ Wartungs- und Betriebskosten (OPEX) werden mit 10 Prozent der Investitionskosten angesetzt.¹⁸⁹ Die Nutzungsdauer wird mit 10 bis 15 Jahren in die Berechnungen einbezogen.¹⁹⁰

Tabelle 5: Ladevarianten und Investitionskosten

Ladeinfrastruktur ¹⁹¹	Öffentliche und halböffentliche AC Ladepunkte (Normalladen)		AC-Schnellladen	DC-Schnellladen
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4
Ladeleistungsart	11 kW	22 kW	44 kW	60 kW
Spannungsebene	400 V	400 V	400 V	400 V dc
Stromstärke	16 A	32 A	63 A	150 A
SOC min	30 %	30 %	30 %	30 %
SOC max	100 %	100 %	80 %	80 %
Ladedauer bei 20 kWh Batterie	1,3 h	0,6 h	0,3 h	0,2 h
Verfügbarkeit	2013	2013	2014 - 2017	2014 - 2017
Investitionskosten in öffentliche Ladeinfrastruktur (CAPEX)				
2013 ¹⁹²	3.500 € - 9.000 €		50.000 € - 70.000 €	55.000 € - 75.000 €

¹⁸³ Fest et al. (2010), S. 94.

¹⁸⁴ Vgl. Matthies/ Stricker/ Traenckner (2010), S. 10 f.

¹⁸⁵ Vgl. Matthies/ Stricker/ Traenckner (2010), S. 11.

¹⁸⁶ Vgl. Ahrens (2008), Tabelle 2.4.

¹⁸⁷ Technische Angaben nach NPE (2010), S. 13.

¹⁸⁸ Vgl. Vidal et al. (2011), S. 30.

¹⁸⁹ Vgl. Schröder/ Traber (2012), S. 138.

¹⁹⁰ Vgl. Wiederer/ Philip (2010).

¹⁹¹ Die Werte basieren auf der Auswertung folgender Publikationen: Wiederer/ Philip (2010); Schröder/ Wiesener (2011); Fraunhofer-Institut IAO/ Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2010a); Fraunhofer IAO/ Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2010b); Schröder/ Traber (2012); Kleine-Möllhoff et al. (2012); NPE (2011); Vidal et al. (2011). Wenn keine Werte ermittelt werden konnten, wurde auf die Annahme von Fraunhofer IAO/ Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2010b) zurückgegriffen, wonach bei Hardwarekosten eine jährliche Degressionsrate zwischen 2013 und 2020 von 0,9 angenommen wird (S. 78.).

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	100/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

2020 ¹⁹³	3.000 € - 5.200 €	24.000 € - 33.000 €	26.000 € - 36.000 €
2030	1.800 € - 3.100 €	14.000 € - 20.000 €	16.500 € - 22.000 €
Investitionskosten in halböffentliche Ladeinfrastruktur (CAPEX)			
2013 ¹⁹⁴	2.000 € - 4.500 €	28.000 € - 35.000 €	31.000 € - 37.500 €
2020 ¹⁹⁵	800 € - 1.600 €	13.000 € - 17.000 €	15.000 € - 18.000 €
2030	500 € - 1.000 €	8.000 € - 10.000 €	9.000 € - 11.000 €

4.7.3 Modul 2: Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur

Inhalt des Moduls

Das Modul 2 setzte sich mit den wirtschaftlichen Aspekten des Aufbaus und Betriebs öffentlicher Ladeinfrastruktur auseinander. Der erste Schwerpunkt lag auf den Themen des Aufbaus und der Finanzierung öffentlicher Ladeinfrastruktur. Aufbauend auf einer Diskussion der ökonomischen Eigenschaften öffentlicher Ladeinfrastruktur wurden verschiedene Marktmodelle analysiert. Der zweite inhaltliche Schwerpunkt widmete sich dem Betrieb der Ladeinfrastruktur sowie einer wirtschaftlichen Grobbewertung von Geschäftsmodellen bzw. Investitionen in öffentliche Ladeinfrastruktur.

Die Bedeutung öffentlicher Ladeinfrastruktur

Aufgrund der niedrigen Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen sind Angebot und Nachfrage nach öffentlicher Ladeinfrastruktur zurzeit noch gering. Zwar konnten erste Erfahrungen im Rahmen von Pilotprojekten gesammelt werden, aber eine breite empirische Datenbasis zur Nutzung von öffentlicher Ladeinfrastruktur liegt bisher nicht vor. Eine Überprüfung, ob und in welchem Umfang öffentliche Ladeinfrastruktur durch die Nutzer in Anspruch genommen wird und wie diese Kaufentscheidungen beeinflusst, ist daher nicht möglich.¹⁹⁶

Im ökonomischen Sinne handelt es sich bei der Elektromobilität um ein „Systemgut“.¹⁹⁷ Systemgüter sind unter anderem dadurch gekennzeichnet, dass sie sich aus mehreren einzelnen Gütern zusammensetzen, die sich gegenseitig ergänzen. Das Systemgut Elektromobilität ist daher vom Angebot der einzelnen komplementären Güter (zum Beispiel Elektrofahrzeuge, Batterien, Ladeinfrastruktur¹⁹⁸) abhängig. Der Fahrer eines Elektrofahrzeugs profitiert indirekt von weiteren Elektromobilisten (Netzwerkeffekte), da davon auszugehen ist, dass ein höherer Marktanteil von Elektrofahrzeugen positive Auswirkungen auf die Entwicklung der Anzahl von Ladestationen hat.¹⁹⁹ Überdies weist Lorkowski auf „emotionale Bedürfnisse“ von Fahrzeughaltern hin, wonach mit Elektrofahrzeugen häufig eine „Einschränkung des bisherigen Mobilitätsverhaltens“²⁰⁰ verbunden werde. Im Einzelnen geht es in diesem Zusammenhang um die wahrgenommene Reichweitenangst der Nutzer und um die längeren Standzeiten zur Ladung der Batterie im Vergleich zu einem herkömmlichen Tankvorgang. Daher sei die „Möglichkeit, öffentliche Ladeinfrastruktur zu nutzen (...) ein wesentlicher Hebel“ zur Überzeugung einer breiten Nutzergruppe.²⁰¹ Unabhängig von der unmittelbaren Notwendigkeit zur Nutzung öffentlicher Ladeinfrastruktur wird diese von den Nutzern, die zu Hause oder am Arbeitsplatz auf Ladeinfrastruktur zugreifen können, als wichtiger „Sicherheitsanker“²⁰² angesehen. Greene zeigt überdies, dass die Entscheidung zur Nutzung von Fahrzeugen, die mit alternativen Kraftstoffen angetrieben werden, seitens der Konsumenten von der Verfügbarkeit der Kraftstoffe abhängig gemacht wird.²⁰³ Zu einem ähnlichen Ergebnis gelangt Yeh im Rahmen eines internationalen Vergleichs der Marktpenetration von Erdgasfahrzeugen.²⁰⁴

¹⁹² Vgl. Fraunhofer-Institut IAO/ Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2010a), S. 6.; NPE (2011), S. 38; Schroeder/ Traber (2012), S. 138; Fraunhofer-Institut IAO/ Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2010b), S. 76.

¹⁹³ Vgl. Fraunhofer-Institut IAO/ Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2010a), S. 6.; Vidal et al. (2011), S. 30. Bei DC Schnellladestationen wurde zwischen 2013 und 2020 mit einem Degressionsfaktor von 0,9 und zwischen 2020 und 2030 von 0,95 gerechnet.

¹⁹⁴ Vgl. Fraunhofer-Institut IAO/ Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2010a), S. 6. Bei der DC-Schnellladeinfrastruktur wurden dasselbe Kostenverhältnis zwischen öffentlicher und halböffentlicher Ladeinfrastruktur wie AC-Normalladeinfrastruktur angenommen.

¹⁹⁵ Vgl. Vidal et al. (2011). Bei AC- und DC-Schnellladestationen wurde mit den angegebenen Degressionsfaktoren gerechnet.

¹⁹⁶ Vgl. Lorkowski (2013).

¹⁹⁷ Beckers et al. (2011), S. 3.

¹⁹⁸ Vgl. auch Döring (2012), S. 569.

¹⁹⁹ Vgl. Beckers et al. (2011), S. 4 f.

²⁰⁰ Lorkowski (2013), S. 127.

²⁰¹ Vgl. Lorkowski (2013), S. 128.

²⁰² Ahrend et al. (2011), S. 72 f: Unter Sicherheitsanker werden „Hilfsmittel“ verstanden, die wahrgenommene Unsicherheiten der Nutzer reduzieren und im Falle von Problemen zu deren Lösung genutzt werden können.

²⁰³ Vgl. Greene (1997).

²⁰⁴ Vgl. Yeh (2007).

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	101/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

Marktmodelle für den Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur

Hinsichtlich möglicher Marktmodelle für öffentliche Ladeinfrastruktur wurden bestehende Analysen von Beckers et al., Gnilka und Meyer-Spasche sowie von EURELECTRIC aufgearbeitet. Die Marktorganisation und Aufgabenverteilung hat einen entscheidenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Geschäftsmodellen. Die nachfolgende Diskussion bezieht sich auf die Vorschläge für verschiedene Marktmodelle von EURELECTRIC aus dem Jahr 2010. Die Arbeiten von Beckers et al. und Gnilka und Meyer-Spasche liefern die Grundlage für die (theoretische) ökonomische Bewertung der Modellvorschläge. Ziel der Betrachtung ist es, Implikationen der verschiedenen Marktorganisationen auf Geschäftsmodelle im Bereich öffentlicher Ladeinfrastruktur abzuleiten. Folgende Abbildung liefert einen Überblick über die vier betrachteten Modelle. Dabei ist jeweils in dunkelgrau dargestellt, welche Wertschöpfungsstufen gemeinsam mit dem Ladeinfrastrukturbetrieb organisiert sind.²⁰⁵

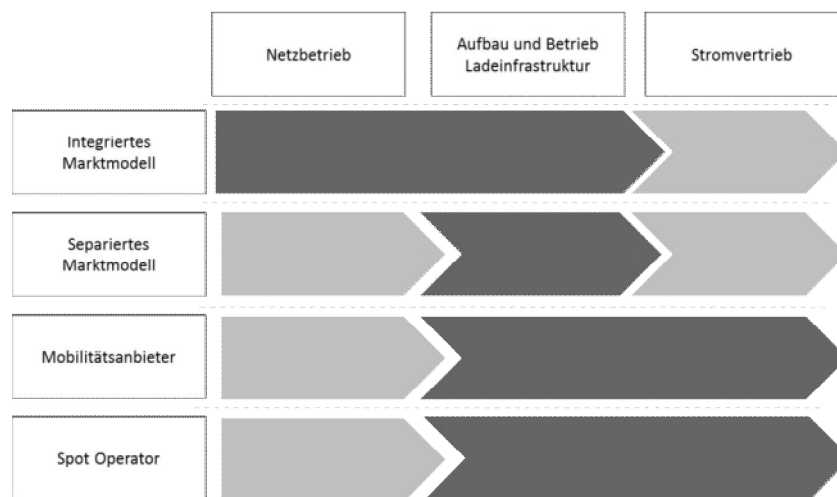


Abbildung 70: Vorschläge von EURELECTRIC für Marktmod. zum Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur²⁰⁶

Bei dem **integrierten Marktmodell** ist die Ladeinfrastruktur Teil des Anlagevermögens des Netzbetreibers, d.h. Bestandteil der Netzinfrastruktur. Vorteil dieser Marktorganisation ist es, dass in der Elektrizitätswirtschaft bestehende Marktbeziehungen weitgehend erhalten bleiben bzw. übertragen werden können. Die Stromanbieter erhalten im Rahmen dieses Modells diskriminierungsfreien Zugang zur Ladeinfrastruktur, um ihre Kunden mit Strom zu beliefern. Der Lieferant wird an der Ladestelle somit individuell vom Nutzer ausgewählt. Aufbau, Instandhaltung und Betrieb der Ladeinfrastruktur werden über Netzentgelte kollektiv von den Netznutzern finanziert. Die Endkunden zahlen einen Marktpreis für die entnommene Strommenge, der bereits die entsprechenden Netznutzungsentgelte enthält. Der Strom wird durch die jeweiligen Stromlieferanten selbst und nicht durch den Netzbetreiber beschafft.²⁰⁷ Es ist zu beachten, dass der Aufbau der Ladeinfrastruktur bei einer Finanzierung über die Netzentgelte für die Endkunden allgemein zu einer Erhöhung der Strombezugspreise führen würde. Die Finanzierung würde zudem nicht ausschließlich von den Verursachern (den Elektromobilisten) sondern durch (fast) alle Stromkunden finanziert. Daher kann es bei diesem Modell zu Fehlallokationen kommen. Durch die Sozialisierung der Kosten des Infrastrukturaufbaus könnte es zum Aufbau von Ladestationen an unrentablen Standorten kommen, da das Investitionsrisiko nicht vom Netzbetreiber getragen werden muss, sondern auf alle Netznutzer verteilt wird.²⁰⁸ Beckers et al. argumentieren, dass der diskriminierungsfreie Zugang der Stromanbieter zu den Ladestationen sowie die Möglichkeit der freien Lieferantenauswahl seitens der Kunden positive Auswirkungen auf die Wettbewerbsintensität haben. Zudem würde der verkaufte Strom bei diesem Modell wie bisher in den Bilanzkreisen der Lieferanten erfasst und Kunden- und Abrechnungsinformationen könnten weiterhin in bestehenden Systemen verarbeitet werden. Dadurch würden zusätzliche Kosten

²⁰⁵ Während der Arbeit an dieser Studie ist das Berliner Handbuch für Elektromobilität erschienen. In dem darin erschienen Beitrag von Franz/ Fest (2013) wird ebenfalls eine Diskussion unterschiedlicher Marktmodelle auf Basis der Konzepte von EURELECTRIC vorgenommen.

²⁰⁶ Darstellung nach Bartsoen (2011).

²⁰⁷ Vgl. Gnilka/ Meyer-Spasche (2010), S. 17.

²⁰⁸ Vgl. Piskernik (2011), S. 7.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	102/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

vermieden.²⁰⁹ Es ist zu vermuten, dass vor allem Stromlieferanten, die bereits im Endkundengeschäft tätig sind, Elektromobilisten beliefern werden.

Bei dem **separierten Marktmodell** stellen Ladeinfrastrukturaufbau und -betrieb einen eigenen und unabhängigen Schritt in der Wertschöpfungskette dar. Die Ladeinfrastruktur zählt in diesem Fall eigentumsrechtlich nicht zur Netzinfrastruktur. Allen Stromlieferanten müsste demnach diskriminierungsfreier Zugang zu den Ladestationen gewährt werden. Der Ladeinfrastrukturbetreiber ist ein neuer und eigenständiger Akteur, der sowohl unabhängig vom Netzbetreiber als auch von den Stromlieferanten agiert. Dabei ist es möglich, dass es innerhalb eines räumlichen Gebietes einen oder mehrere Betreiber gibt. Die Finanzierung der Ladeinfrastruktur erfolgt über die Gebühren, die der Infrastrukturbetreiber von den Nutzern bzw. von den Stromlieferanten erhebt. Dazu ist es notwendig, dass der Ladeinfrastrukturbetreiber ein eigenes Authentifizierungs- und Abrechnungssystem aufbaut. Der Verkauf der elektrischen Energie erfolgt durch die Stromanbieter.²¹⁰ Der Vorteil dieses Marktmodells besteht darin, dass Kunden an einer Ladestelle zwischen verschiedenen Lieferanten wählen können. Die Kunden können somit an allen Ladestationen zu ihren jeweiligen Vertragsbedingungen Strom beziehen. Dies stärkt den Wettbewerb auf dem Markt für Fahrstrom. In diesem Zusammenhang entstehen im Vergleich zum integrierten Modell zusätzliche Transaktionskosten, die durch notwendige Vereinbarungen zwischen Infrastrukturbetreiber und den einzelnen Stromlieferanten sowie zwischen dem Infrastruktur- und dem Netzbetreiber verursacht werden. Sind mehrere Infrastrukturbetreiber innerhalb eines Netzgebietes aktiv, müssen Stromlieferanten unter Umständen Nutzungsvereinbarungen mit mehreren Ladeinfrastrukturbetreibern eingehen. Zudem müsste dieses Modell seitens der Ladeinfrastrukturbetreiber durch ein IT-System unterstützt werden, welches Kunden- und Abrechnungsinformationen erfassen und mit den entsprechenden Lieferanten austauschen kann.²¹¹ Die Kundenschnittstelle sollte weiterhin über die Stromlieferanten erfolgen, da diese über entsprechende Vertriebskanäle verfügen. Fraglich ist, ob insbesondere in frühen Marktphasen Nachfrage und Zahlungsbereitschaft der Kunden ausreichend sind, um die notwendigen Investitionen zu finanzieren. Diskutiert wird in diesem Zusammenhang ein Modell, bei dem der Netzbetreiber den Netzanschluss herstellt und die Investitionskosten auf die Netznutzungsentgelte umlegt. Die Investitionsentscheidung sowie die Kostenlast würden bei einem unabhängigen Ladeinfrastrukturbetreiber liegen. Damit könnte sichergestellt werden, dass sich die Investitionsentscheidungen an wirtschaftlichen Kriterien orientieren.²¹²

Im Fall des Modells **Mobilitätsanbieter** existiert ein Mobilitätsanbieter, der sowohl Ladeinfrastruktur aufbaut und betreibt als auch Strom an die Nutzer liefert bzw. verkauft. Wahrscheinlich ist, dass bestehende Stromlieferanten die Rolle des Mobilitätsanbieters übernehmen.²¹³ Auch in diesem Marktmodell gilt das Verursacherprinzip, da die Finanzierung der Infrastruktur über die Konsumentenbeiträge der Nutzer erfolgt. Es ist davon auszugehen, dass es bei diesem Modell zur Herausbildung regionaler Monopole kommt.²¹⁴ Als Vorteil eines ähnlichen Modells nennen Beckers et al. den Umstand, dass Stromlieferanten weitgehend auf bestehende Prozesse und Standards der Energiewirtschaft sowie bestehende Vertriebskanäle zurückgreifen können und somit geringe Anpassungskosten im Gesamtsystem verursacht werden.²¹⁵ Sollte die Rolle des Mobilitätsanbieters nicht von Stromlieferanten wahrgenommen werden, treten unter Umständen zusätzliche Kosten auf, da zum Beispiel IT-Systeme und Vertriebskanäle neu aufgebaut werden müssen. Der Aufbau der Infrastruktur, insbesondere die Standortentscheidung, wird sich an wirtschaftlichen Gesichtspunkten orientieren. Kunden eines solchen Mobilitätsanbieters wären jedoch unter Umständen (zum Beispiel aufgrund langer Prozessketten beim Lieferantenwechsel, sog. Lock-in Effekte) an diesen „Erst-Lieferanten“ gebunden.²¹⁶ Verfügt der Betreiber über ein (regionales) Monopol, kann es zu Effizienzverlusten und Rentenverschiebungen zugunsten des Infrastrukturbetreibers kommen. Es besteht die Gefahr, dass Stromlieferanten die Ladeinfrastruktur nutzen, um eventuelle Marktmacht im Bereich der Infrastruktur auf den wettbewerblichen Bereich, insbesondere den Stromvertrieb, auszudehnen.

Für das Modell des **Spot Operators** gelten weitgehend die Betrachtungen zum Mobilitätsdienstleister.

Geschäftsmodell „Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur“

Im Rahmen der Vorstudie wurden einführende Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit des Betriebs öffentlicher Ladeinfrastruktur durchgeführt. Grundlage dieser Betrachtung war eine ausführliche Analyse von

²⁰⁹ Vgl. Beckers et al. (2011), S. 21.

²¹⁰ Vgl. EURELECTRIC (2010), S. 14.

²¹¹ Vgl. Beckers et al. (2011), S. 20. Das von den Autoren betrachtete Modell unterscheidet sich zwar in einigen Punkten von dem hier dargestellten, jedoch sind die Argumente hinsichtlich Vor- und Nachteilen übertragbar.

²¹² Vgl. Fest et al. (2010), S. 94.

²¹³ Bestehende Energielieferanten befinden sich aufgrund ihrer Erfahrungen in einer guten Ausgangsposition. Vgl. Fournier et al. (2012), S. 413.

²¹⁴ Vgl. EURELECTRIC (2010), S. 15.

²¹⁵ Vgl. Beckers et al. (2011), S. 20.

²¹⁶ Vgl. Beckers et al. (2011), S. 19.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	103/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

Publikationen zu Geschäftsmodellen und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von Ladeinfrastruktur. Dabei zeigt sich, dass in der Literatur bisher kein rentables Geschäftsmodell zum Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur vorgeschlagen wird. Der folgende Abschnitt fasst die durchgeführten Analysen zur Wirtschaftlichkeit des Betriebs öffentlicher Ladeinfrastruktur zusammen. Die dargestellten Ergebnisse basieren stark auf den getroffenen Annahmen. Die absoluten Werte und Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sind daher mit entsprechenden Einschränkungen zu interpretieren. Die Angaben sollen im Rahmen dieser Vorstudie lediglich für den Vergleich der Szenarien herangezogen werden. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen beziehen sich jeweils auf eine einzelne Ladestation im öffentlichen Raum. Insgesamt wurde der Kapitalwert (nach 12 Jahren) für die Investition in eine Ladestation für acht verschiedene Szenarien berechnet.

Hinsichtlich des Mobilitätsverhaltens und der Nachfrage der Laternenparker nach Ladestrom wird auf Erkenntnissen der Sekundärdatenanalyse der TU Berlin aufgebaut. Die Annahmen zur Entwicklung von Verbrauch und verfügbarer Akkukapazität der Elektrofahrzeuge sowie der technischen Details der Ladeinfrastruktur beruhen auf der Auswertung der wissenschaftlichen Literatur. Für die Rechnungen wurde eine Ladestation (Mode 1) mit einer Anschlussleistung von 11 kW und Investitionskosten in Höhe von 9.000 Euro zugrunde gelegt (Jahr der Investition: 2013). Des Weiteren wurden Ladestationen mit einem und mit zwei Ladepunkten betrachtet. Weiterhin wurde angenommen, dass die Ladeinfrastruktur über einen Zeitraum von einem Jahr einen Grad der technischen Verfügbarkeit von 85 Prozent aufweist und dass der Wirkungsgrad des Ladens bei 97,5 Prozent liegt (2020: 98 Prozent; 2030: 99,5 Prozent). Die Wartungs- und Betriebskosten wurden mit 10 Prozent der Investitionskosten angesetzt. Der Kalkulationszinssatz für die Finanzierung der Investition wurde mit 5 Prozent angenommen. Hinsichtlich des Mobilitätsverhaltens wurde angenommen, dass die Elektrofahrzeuge täglich im Durchschnitt eine Strecke von 31 km zurücklegen. Die Zeit zwischen zwei Ladevorgängen wurde mit maximal 30 Minuten angesetzt. Diese Periode umfasst nach vollständiger Beendigung des Ladevorgangs das Entkoppeln des Fahrzeugs (Ladekabels) von der Ladesäule durch den Benutzer, das Einsteigen in das Fahrzeug, Wegfahren, die Zeit, bis ein neuer Nutzer den Parkplatz belegt, das Fahrzeug anschließt und den Ladevorgang startet. Für diesen Zeitraum liegen keine empirischen Daten vor. Weitere Annahmen wurden hinsichtlich der Strombezugs- und Stromverkaufspreise getroffen. Es wird davon ausgegangen, dass die Zahlungsbereitschaft für Fahrstrom der Zahlungsbereitschaft für Haushaltsstrom entspricht. Daher wurde der Verkaufspreis für Strom in Höhe der jeweiligen Haushaltsstrompreise angenommen (Prognose bis 2025). Der Strombezug erfolgt zu Großmarktpreisen (2013: 5,08 ct/kWh²¹⁷).

Tabelle 6: Ergebnisauszug Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

	Szenario 1.1	Szenario 1.2	Szenario 2.1	Szenario 2.2	Szenario 3.1	Szenario 3.2	Szenario 4.1
Mode	1	1	1	1	1	1	1
Investition	9.000 €	9.000 €	9.000 €	9.000 €	9.000 €	9.000 €	9.000 €
Leistung	11 kW	11 kW	11 kW	11 kW	11 kW	11 kW	11 kW
Anz. Ladepkt.	1	2	1	2	1	2	1
Standzeit	8 h	8 h	4 h	4 h	8 h	8 h	4 h
Laden	täglich	täglich	täglich	täglich	SOC=30%	SOC=30%	SOC=30%
NPV (12 J.)	-11.300 €	-5.600 €	-6.200 €	5.500 €	-7.500 €	2.400 €	1.100 €

Die durchschnittlichen Standzeiten wurden in den Szenarien mit acht oder vier Stunden angesetzt. Des Weiteren wurde hinsichtlich des Ladens danach unterschieden, ob die Elektrofahrzeuge täglich geladen werden oder ob sie erst eine Ladesäule aufsuchen, wenn der Ladestand der Fahrzeugbatterie bei 30 Prozent liegt. Es zeigt sich, dass ein positiver Kapitalwert lediglich in Szenarien eintritt, in denen die durchschnittliche Standzeit maximal 4 Stunden beträgt. Es ist vor dem Hintergrund des Mobilitätsverhaltens des Laternenparkers²¹⁸ daher zu bezweifeln, dass der Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur innerhalb der nächsten Jahre wirtschaftlich ist. Die notwendige Anschlussdauer zur Deckung des Ladebedarfs liegt sowohl bei täglichem Laden als auch bei Aufsuchen der Ladestation bei einem Ladestand von 30 Prozent unter den angenommenen Standzeiten von vier und acht Stunden. Übersteigen die Standzeiten die Zeiträume des Strombezugs, geht dies mit Rentabilitätsverlusten einher. Ein selbsttragendes Geschäftsmodell für öffentliche Ladeinfrastruktur muss daher Anreize beinhalten, dass die Nutzer pro Lade-/Parkvorgang eine möglichst große Strommenge beziehen.

Die oben dargestellten Ergebnisse beinhalten kein zusätzliches Infrastrukturentgelt des Ladeinfrastrukturbetreibers. Als Verkaufspreise für den Strom wurden Prognosen für Haushaltsstrompreise

²¹⁷ Annahmen zu Strompreisen basieren auf Angaben des Leipziger Instituts für Energie (2012).

²¹⁸ In diesem Zusammenhang ist insbesondere auf die langen Standzeiten der Laternenparker zu verweisen. Vor diesem Hintergrund sollte im weiteren Projektverlauf das Potential des Carsharing als Nutzergruppe untersucht werden.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	104/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

gewählt, die bereits Beschaffungs- und Vertriebskosten der Energieversorger berücksichtigen. Um in den Szenariorechnungen mit negativem Ergebnis einen Kapitalwert von null zu erhalten, müssten die Stromverkaufspreise durchschnittlich um folgende Faktoren erhöht werden. In Klammern ist angegeben, welcher Preiserhöhung für den Bezug von Fahrstrom dies für das Jahr 2013 entsprechen würde: Szenario 1.1: 2,58 (40 ct/ kWh); Szenario 1.2: 1,4 (12 ct/kWh); Szenario 2.1: 1,5 (12 ct/kWh); Szenario 3.1: 1,6 (16 ct/ kWh). Es wird davon ausgegangen, dass entsprechend der in den Szenarien zugrunde gelegten Standzeiten (vier oder acht Stunden) jeweils ausreichend viele Elektrofahrzeugfahrzeuge mit Ladebedarf existieren, so dass die Ladestation im betrachteten Zeitraum (täglich von 7 bis 20 Uhr) immer belegt ist. Die positiven Ergebnisse werden dadurch eingeschränkt, dass insbesondere in frühen Phasen der Marktentwicklung nicht davon ausgegangen werden kann, dass diese Auslastung täglich erreicht wird.

Vor dem Hintergrund der dargestellten Erkenntnisse rückt das Parken in den Fokus der Untersuchung. Das Auffinden, Reservieren bzw. Buchen und Bezahlen eines Parkplatzes mit Lademöglichkeit könnte ein Schlüssel für den wirtschaftlichen Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur werden. Die zentrale Frage ist, wie Laternenparker in ihrem Parkverhalten koordiniert werden können, so dass öffentliche Ladestationen optimal ausgelastet werden können.

Zusammenfassung

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass der Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur aufgrund des Parkverhaltens des Laternenparkers ohne weitere Steuerinstrumente nicht wirtschaftlich ist. Daher sind innovative Konzepte zur Steuerung der Parknachfrage zu untersuchen. Des Weiteren wurde deutlich, dass die Marktorganisation einen entscheidenden Einfluss auf die Wettbewerbssituation auf den Märkten für den Verkauf von Fahrstrom und den Betrieb von Ladeinfrastruktur haben kann.

4.7.4 Modul 3: Parkraummanagement

Inhalte des Moduls

Dieses Modul widmete sich dem intelligenten Parken und Parkraummanagement. Ziel des Moduls war es, eine erste Betrachtung der Verbindung zwischen dem Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur und dem Parkraummanagement vorzunehmen und Schlüsselfragen für die Realisierungsphase aufzuzeigen. Zu diesem Zweck wurden einerseits wissenschaftliche Publikationen und andererseits Projekte im Zusammenhang mit intelligenten Parkraummanagementsystemen ausgewertet.

Smart Parking

Die Definition von Smart Parking Systemen wird in der wissenschaftlichen Literatur uneinheitlich vorgenommen. Im weitesten Sinne zählen zu Smart Parking Systemen Technologien, die Autofahrern helfen sollen, Parkplätze aufzufinden, zu reservieren und zu bezahlen. Ziel ist es, den Parkraumsuchverkehr und die damit verbundenen negativen Effekte für Verkehr und Umwelt zu minimieren.²¹⁹ Nach Idris et al. können Smart Parking Systeme in fünf verschiedene Kategorien unterteilt werden: 1.) Parkleit- und Informationssysteme („Parking Guidance and Information System (PGIS)“), 2.) Verkehrsinformationssysteme („Transit based Information System“), 3.) Intelligente Bezahlssysteme („Smart Payment System“), 4.) Reservierungssysteme („E-Parking“) und 5.) Automatisierte Parksyste („Automated Parking“).²²⁰

Unter Parkleit- und Informationssysteme fallen Systeme, die Informationen zur Verfügbarkeit des Parkraumangebots sammeln, aufbereiten und den Nutzern zur Verfügung stellen sowie diese zu den entsprechenden Parkmöglichkeiten leiten.²²¹ Verkehrsinformationssysteme stellen ähnliche Informationen wie Parkinformationssysteme bereit, zielen jedoch darauf ab, Verkehrsteilnehmer zum Beispiel zu Park-and-Ride Einrichtungen zu lenken und zusätzlich Informationen zur Anbindung an den öffentlichen Verkehr bereitzustellen.²²² Intelligente Bezahlssysteme (Smart Payment Systems) stellen neue Formen der Gebührenerhebung und Abrechnung unter Nutzung moderner Technologien dar.²²³ E-Parking bzw. Reservierungssysteme ermöglichen es den Verkehrsteilnehmern, Informationen über die Verfügbarkeit von Parkplätzen an ihrem Zielort abzufragen und freie Parkplätze zu reservieren. Die Informationsabfrage kann beispielsweise über das Internet oder per SMS erfolgen. Durch die Verbindung mit Smart Payment Systems kann zudem ein bequemer Weg der Bezahlung sowie Abrechnung installiert werden. Bei automatisierten Parksyste (Automated Parking) werden die Fahrzeuge an der Parkierungsanlage in einem speziellen Bereich abgestellt und anschließend automatisch durch den computergestützten Einsatz von Maschinen innerhalb der Anlage

²¹⁹ Vgl. Rodier/ Shaheen (2010), S. 225.

²²⁰ Vgl. Idris et al. (2009), S. 102.

²²¹ Vgl. Idris et al. (2009), S. 102.

²²² Vgl. Idris et al. (2009), S. 103.

²²³ Vgl. dazu Boltze (2004).

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	105/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

platziert, um eine optimale Ausnutzung des verfügbaren Raums zu erzielen.²²⁴ Derartige Systeme spielen in den folgenden Betrachtungen keine Rolle.

Wirtschaftliche Betrachtung des Parkraumsuchverkehrs

Parkraumsuchverkehr wird durch Fahrzeuge verursacht, die ihr Ziel erreicht haben, jedoch nicht unmittelbar einen Parkplatz finden können und diesen anschließend in der (näheren) Umgebung suchen müssen. Detaillierte Untersuchungen zum Parkraumsuchverkehr in Berlin sind nicht bekannt. Generell existieren nur wenige Untersuchungen zur quantitativen Erfassung des Parkraumsuchverkehrs. Ein Grund könnte darin liegen, dass Parkraumsuchverkehr durch einfache Beobachtung des Verkehrs nur schwer von normalem Verkehr zu unterscheiden ist.²²⁵ Studien zum Parkraumsuchverkehr in amerikanischen und europäischen Städten, die im Zeitraum zwischen 1927 und 2001 durchgeführt wurden, ergaben, dass je nach Situation, zwischen 8 und 74 Prozent des Verkehrs auf Parkraumsuchverkehr zurückzuführen sind. Zeitlich dauerte die Suche nach einem freien Parkplatz im Rahmen der analysierten Fallbeispiele zwischen 8 und 14 Minuten.²²⁶ Mittels einer Rechnung unter vereinfachten Annahmen verdeutlicht Shoup das Problem des Parkraumsuchverkehrs.²²⁷ Wird beispielsweise davon ausgegangen, dass einmal täglich ein Parkplatz gesucht werden muss, die Durchschnittsgeschwindigkeit der Parkplatzsuche bei 15 km/h liegt und die Suche 3 Minuten dauert, ergibt sich ein täglicher Parkraumsuchverkehr von 0,75 Kilometer. Werden pauschale Kilometerkosten in Höhe von 0,30 Euro angenommen, so ergeben sich aus dem Parkraumsuchverkehr jährliche Kosten für den Fahrzeugnutzer von ca. 80 Euro. Allerdings ist fraglich, inwiefern daraus eine Zahlungsbereitschaft potentieller Kunden abgeleitet werden kann. Im Rahmen der Untersuchungen zu AP 2 Nutzungskonzept und Akzeptanzanalysen äußerten die befragten Laternenparker keine Bereitschaft, zusätzliche Ausgaben im Zusammenhang mit dem Parken in Kauf nehmen zu wollen.

Neben den Kosten, die Fahrzeugnutzern entstehen, verursacht Parkraumsuchverkehr ebenfalls Kosten für die Stadt und für Dritte (zum Beispiel durch Staus, Unfälle, Umweltbelastungen). Maßnahmen zur Reduktion des Parkraumsuchverkehrs sind beispielsweise die Erhöhung der Parkpreise für on-street Parkplätze oder die Reduktion der Preise für off-street Parkflächen. Es wird argumentiert, dass der Preis für on-street Parkplätze so gewählt werden sollte, dass 12,5 Prozent der Parkplätze frei bleiben, um die Anreize für Parkraumsuchverkehr weitgehend zu minimieren.²²⁸ In diesem Fall reduziert sich die Dauer der Parkraumsuche auf Null, da immer ein freier Parkplatz zur Verfügung steht.²²⁹ Da sich die Parknachfrage über den Tages- bzw. Wochenverlauf verändert, sollte ein Smart Parking System einen nachfrageorientierten dynamischen Preisbildungsmechanismus enthalten. Im Projekt SF Park wurde beispielsweise ein System gewählt, bei dem die Preise in einem Abstand von sechs Wochen angepasst werden.

Smart Parking und die Wirtschaftlichkeit der Parkraumbewirtschaftung

In einer Studie zur Wirtschaftlichkeit der Parkraumbewirtschaftung in Berlin Mitte betonen Heinrichs und Janus die Bedeutung von Einnahmen und Ausgaben im Zusammenhang mit der Parkraumbewirtschaftung.²³⁰ Diese Studie bezieht sich auf Daten aus dem Jahr 2006 und wurde mit dem Ziel durchgeführt, Empfehlungen für eine „möglichst effiziente Umsetzung dieses wichtigen verkehrspolitischen Instruments“²³¹ zu entwickeln. Obwohl sich die Datengrundlage der Studie auf das Jahr 2006 bezieht und die ermittelten Werte nicht uneingeschränkt zur Bewertung gegenwärtiger Einnahmen und Kosten herangezogen werden können, liefert die Studie wichtige Anhaltspunkte für die Entwicklung einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines Smart Parking Systems. Ein Smart Parking System sollte neben der Verminderung des Parkraumsuchverkehrs auch zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Parkraumbewirtschaftung beitragen. Folgende Abschnitte befassen sich mit den Einnahmen und Ausgaben im Rahmen einer Parkraumbewirtschaftung. Ziel ist es, Optimierungspotentiale durch den Einsatz eines Smart Parking Systems zu identifizieren.

Durch eine Parkraumbewirtschaftung werden drei wesentliche Einnahmequellen erschlossen:²³² Parkscheingebühren, Einnahmen aus Verwarnungs- und Bußgeldern, Einnahmen aus Gebühren für

²²⁴ Vgl. Idris (2009), S. 105.

²²⁵ Vgl. Shoup (2006), S. 479.

²²⁶ Vgl. Shoup (2006), S. 480.

²²⁷ Vgl. Shoup (2007), S. 16 ff.

²²⁸ Vgl. Shoup (2006, 2007)

²²⁹ In diesem Zusammenhang ist jedoch darauf zu verweisen, dass mit einer Reduzierung des Parkraumsuchverkehrs und der damit verbundenen Erhöhung des Komforts des Parkens, eine Förderung des besitzgebundenen motorisierten Individualverkehrs einhergehen kann.

²³⁰ Eine Betrachtung des Parkraummanagements in Berlin findet sich ebenfalls bei Lehmbrock und Uricher (2008).

²³¹ Heinrichs/ Janus (2010), S. 87.

²³² Vgl. Heinrichs/ Janus (2010), S. 93.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	106/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

Bewohnerausweise und weitere Genehmigungen. In dem oben bereits angesprochenen Projekt wurden für bewirtschaftete Parkflächen Einnahmen aus Parkscheingebühren in Höhe von 0,11 Euro pro Stunde und Stellplatz ermittelt. Insgesamt wurden im Betrachtungszeitraum 7,3 Millionen Euro aus Parkscheingebühren eingenommen.²³³ Die Einnahmen aus Verwarnungs- und Bußgeldern betragen im Jahr 2006 im betrachteten Gebiet 6 Millionen Euro. Das entspricht durchschnittlich 285 Euro pro Stellplatz und Jahr. Zur Parkraumüberwachung wurden 109 Mitarbeiter des Ordnungsamtes eingesetzt. Auf eine Überwachungskraft kamen dabei 184 Parkplätze.²³⁴ Die Einnahmequellen der Parkraumbewirtschaftung würden sich auch unter Einsatz eines Smart Parking Systems nicht ändern. Der Betreiber könnte jedoch weitere Einnahmen aus dem Angebot zusätzlicher Dienstleistungen im Zusammenhang mit Parken (und ggf. Laden von Elektrofahrzeugen) generieren. Darunter fallen beispielsweise Navigationsangebote oder Gebühren im Zusammenhang mit der Möglichkeit zur Reservierung von Park- und Lademöglichkeiten.

Die Ausgaben, die für die Bewirtschaftung des Parkraums anfallen, lassen sich vorwiegend auf drei Kostenpositionen zurückführen.²³⁵ Investitions- und Betriebskosten für die Parkraumbewirtschaftung, Kosten für die Überwachung des Parkraums, Administrations- und Verwaltungskosten für Bearbeitung der Ausgabe der Bewohnerparkausweise. Investitionskosten fallen vor allem für die Beschaffung von Parkscheinautomaten und der entsprechenden Beschilderung an. Die jährlichen Gesamtkosten (Abschreibung und laufende Kosten) eines Parkscheinautomaten belaufen sich auf 925 Euro.²³⁶ Die Kosten für die Überwachung des ruhenden Verkehrs ermitteln die Autoren aus dem Wirtschaftsplan. Demnach sind mittlere Kosten von 255 Euro pro Stellplatz bzw. 6.400 Euro je Hektar des bewirtschafteten Gebiets anzusetzen (insbesondere Personal- und Gemeinkosten). In der Studie zur Wirtschaftlichkeit der Parkraumbewirtschaftung in Berlin Mitte ergab sich demzufolge auf Basis der Daten aus dem Jahr 2006 ein jährlicher Überschuss pro Parkplatz in Höhe von ca. 350 Euro.

Die Betrachtung liefert erste Anhaltspunkte für eine qualitative Abschätzung der Kostenminderungspotentiale eines Smart Parking Systems. Die größte Kostenposition entfällt auf die Überwachung des ruhenden Verkehrs. Der Hauptanteil wird dabei durch Personalaufwendungen verursacht.²³⁷ Ein sensorbasiertes Smart Parking System könnte zu einer Reduzierung dieser Kostenposition beitragen, wenn das System in der Lage ist, zu erfassen, ob der Parkplatz durch ein berechtigtes Fahrzeug belegt wird. Ein wichtiger Punkt ist in diesem Zusammenhang die Frage nach der Detektion von Anwohnerplaketten oder sonstigen Berechtigungsnachweisen. Durch ein elektronisch unterstütztes Bezahlssystem könnte einfacher ermittelt werden, ob für einen Parkplatz die zu entrichtenden Parkgebühren bezahlt wurden. Kontroll- und Durchsetzungsmaßnahmen könnten gezielter erfolgen. Des Weiteren werden Betriebs- und Wartungskosten für die Parkscheinautomaten sowie Kosten für Inkasso bzw. Leerung der Parkscheinautomaten fällig. In einem Smart Parking System könnten Parkgebühren elektronisch eingetrieben werden. Im Rahmen des Forschungsprojekts „ParkenBerlin“ wurde ermittelt, dass für das Inkasso von 1.000 Parkscheinautomaten in Berlin Mitte jährlich vier Mitarbeiter sowie drei Fahrzeuge eingesetzt werden müssen.²³⁸ Kostensenkungspotential besteht zudem möglicherweise in den geringeren Transaktionskosten, die sich im Falle einer Anpassung der Parkgebühren ergeben.

Zusammenfassung

Die Betrachtung zeigt, dass Parkraumsuchverkehr einen relevanten Bestandteil des Gesamtverkehrsaufkommens darstellen kann. Ein System zur Reduzierung des Parkraumsuchverkehrs kann daher sowohl für Fahrzeugnutzer als auch für Städte positive Effekte hervorrufen. Des Weiteren können Smart Parking Systeme dazu beitragen, die Wirtschaftlichkeit der Parkraumbewirtschaftung zu verbessern.

4.7.5 Modul 4: Netzintegration

Inhalt des Moduls

Unter der Zielstellung, Lösungen zur Senkung der Kostenlücke von Elektrofahrzeugen gegenüber konventionellen Fahrzeugen²³⁹ zu entwickeln, werden in Wissenschaft und Industrie verschiedene Mehrwertdienste im Zusammenhang mit der Einbindung von Elektrofahrzeugen in das Elektrizitätsversorgungssystem diskutiert. Großes Potenzial werden der Teilnahme am Regelleistungsmarkt und der Teilnahme am Spotmarkt, inklusive der Rückspeisung von Energie in das Versorgungsnetz (Vehicle-

²³³ Vgl. Heinrichs/ Janus (2010), S. 95.

²³⁴ Vgl. Heinrichs/ Janus (2010), S. 105 f.

²³⁵ Siehe dazu auch Boltze/ Schäfer (2005), S. 75.

²³⁶ Vgl. Boltze/ Schäfer (2005), S. 11.

²³⁷ Vgl. Heinrichs/ Janus (2010), S. 109

²³⁸ Vgl. Lehmbrock/ Steffens (2010), S. 169.

²³⁹ Die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) davon aus, dass es, je nach Nutzungsszenario, im Zeitraum zwischen 2013 und 2017 eine (abnehmende) Gesamtkostenlücke von etwa 4.000 bis 9.000 Euro geben wird. Vgl. NPE (2011), S. 43.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	107/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

to-Grid oder auch V2G), zugeschrieben. Im Rahmen des Moduls 4 wurden daher die Einbindung der Elektrofahrzeuge von Laternenparkern in das Stromnetz unter Nutzung öffentlicher Ladeinfrastruktur hinsichtlich der Möglichkeit einer wirtschaftlich tragbaren Realisierung von Geschäftsmodellen (Angebot von Regelleistung und V2G) untersucht.

Vehicle-to-Grid

Unter Vehicle-to-Grid (V2G) werden Ansätze gefasst, bei denen Elektrofahrzeuge in Elektrizitätsversorgungsnetze unter Nutzung bidirektionaler Kommunikationstechnologien eingebunden werden. Neben dem einfachen Laden von Elektrofahrzeugen wird dadurch auch eine Rückspeisung (Entladung) der in der Fahrzeugbatterie gespeicherten Strommengen ermöglicht.²⁴⁰ Der Betreiber des Geschäftsmodells (Aggregator) erzielt seine Erlöse am Großhandelsstrommarkt, indem er das Lade- und Entladeverhalten der Fahrzeuge hinsichtlich der Preisspreizungen optimiert. Der Elektromobilist wird für die Rückspeisung vergütet. Es liegt nahe, diese Vergütung direkt in den Stromabrechnungsprozess (haushalt- oder fahrzeugbezogen) zu integrieren. Da im Projektkonsortium keine Energiemarktmodelle mit einer Abbildung von Preisspreizungen vorliegen, wird die Berechnung auf eine Ermittlung von Untergrenzen der Preisspreizungen reduziert.

In den Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit von V2G im öffentlichen Raum wurde ein vollelektrischer Kleinwagen (B-Segment) mit einer Jahresfahrleistung von 12.500 km zugrunde gelegt. Auf Basis der Batteriekapazität und des Verbrauchs wurde die zur Befriedigung des Mobilitätsbedürfnisses notwendige Zyklenzahl abgeleitet. Daraus wurde wiederum errechnet, wie viele Zyklen dem Fahrzeugnutzer zu Grenzkosten von Null zur Verfügung stehen. Darunter werden Batteriezyklen verstanden, die nicht durch Mobilitätszwecke verbraucht werden. Anschließend wurden acht verschiedene Szenarien gebildet, die von unterschiedlichen Annahmen hinsichtlich der politischen Förderung, der Vergütung des Infrastrukturbetreibers sowie der Zykluskosten ausgehen. Unter politischer Förderung wird hierbei die Befreiung des eingespeisten Stroms bzw. des erneut bezogenen Stroms von Steuern und Abgaben verstanden.

Eine Wirtschaftlichkeit von V2G ist auf Basis der heutigen Rahmenbedingungen unter den getroffenen Annahmen nicht möglich. Lediglich in dem Fall, in dem die Grenzkosten der übrigen Zyklen zu Null angesetzt werden, eine vollständige politische Förderung des Geschäftsmodells angenommen wird und keine Vergütung des Ladeinfrastrukturbetreibers anfällt, kann von einem wirtschaftlichen Geschäftsmodell ausgegangen werden (siehe Anlagen, Tabelle 8: Abschätzung der Kosten in ct/kWh für die Rückspeisung.)

Da die (halb)öffentliche Ladeinfrastruktur tagsüber dem Primärzweck des (unidirektionalen) Ladens dienen soll, ist eine Optimierung der Ladeprozesse nur in den Nachtstunden möglich. Bei einer Einschränkung des Zeitfensters auf die Nachtstunden sinken jedoch die Preisspreizungen erheblich, so dass die Wirtschaftlichkeit von V2G deutlich zurückgeht.

Teilnahme am Regelergergiemarkt

Das Geschäftsmodell Teilnahme am Regelergergiemarkt basiert darauf, dass ein Pool von Elektrofahrzeugen, nach vorheriger Präqualifikation, als Anbieter an den Ausschreibungsverfahren für Regelleistung partizipiert. Im Falle des Zuschlags werden die (parkenden) Fahrzeuge als aggregierte Speicher zur Erbringung der Regelleistung eingesetzt. Aufgrund der höheren Präqualifikationsanforderungen für Primärregelleistung und Sekundärregelleistung ist die Teilnahme am Markt für Minutenreserve deutlich realistischer und wird daher im Folgenden weiter untersucht. Betrachtet wird nur der Fall des Angebots negativer Regelleistung.

Der Regelergergiemarkt bietet zwei Arten von Erlösmöglichkeiten. 1.) Leistungspreise und 2.) Arbeitspreise. Zudem profitieren die Endkunden im Fall der negativen Regelleistung von vermiedenen Stromkosten. Der Pool-Koordinator bietet durch ein Pooling von Elektrofahrzeugen Systemdienstleistungen für Übertragungsnetzbetreiber in Form der Bereitstellung negativer Minutenreserve an. Zu diesem Zweck nimmt der Aggregator an den Ausschreibungsverfahren der Übertragungsnetzbetreiber teil.

Für die Teilnahme am Markt für Minutenreserve wurden für das Jahr 2020 auf Basis historischer Marktzahlen des Jahres 2011 zwei Szenarien untersucht. Es wurden 1.) die durchschnittlichen Erlösmöglichkeiten aus dem Angebot negativer Minutenreserve über den Zeitraum von 24 Stunden (alle Zeitscheiben) und 2.) die durchschnittlichen Erlösmöglichkeiten für das Angebot negativer Minutenreserve im Zeitraum von 0 bis 4 Uhr untersucht.

²⁴⁰ Vgl. NPE (2010), S. 9; Clement-Nyns/ Haesen (2011), S. 185 ff.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	108/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

Es wurde ermittelt, dass über einen Zeitraum von 24 Stunden lediglich geringe Erlöse pro Fahrzeug zu erwarten sind (0,11 Euro jährlich), da für die Vorhaltung der notwendigen Arbeitsreserve eine hohe Anzahl von Fahrzeugen notwendig ist (siehe Anlagen,

Tabelle 9: Abschätzung der Erlösmöglichkeiten für negative Minutenreserve 24 h). Die Annahme, dass 50 Prozent der Fahrzeuge über einen Zeitraum von 12 Stunden am Netz angeschlossen sind, deckt sich mit dem Ergebnis der Sekundärdatenanalyse durch den Fachbereich integrierte Verkehrsplanung der TU Berlin. Die Restriktionen für Geschäftsmodelle für den Ladeinfrastrukturbetrieb (Ziel möglichst kurzer Standzeiten) im öffentlichen Bereich fallen für die Teilnahme am Markt für Minutenreserve insbesondere zwischen 0 und 4 Uhr weniger stark ins Gewicht, da für die Zeitscheiben in der Nacht isolierte Angebote gemacht werden können und die Zeitscheiben wirtschaftlich attraktiv sind. Die Grobabschätzungen gehen von einer Verfügbarkeit der Fahrzeuge von 100 Prozent während der Nachtstunden aus. Aus diesem Grund sind zur Vorhaltung der Arbeitsreserve weniger Fahrzeuge notwendig, was zu einer Verbesserung des Ergebnisses je Fahrzeug führt (von 22 bis 179 Euro jährlich; siehe auch Anlagen,

Tabelle 10: Abschätzung der Erlösmöglichkeiten für negative Minutenreserve 0 bis 4 Uhr).

Zusammenfassung

Die untersuchten Geschäftsmodelle zeigen, dass im Bereich der Netzintegration lediglich ein eingeschränktes wirtschaftliches Potential besteht. Des Weiteren wurde deutlich, dass ein Spannungsverhältnis zwischen den Anforderungen zum wirtschaftlichen Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur und der wirtschaftlichen Netzintegration von Elektrofahrzeugen im öffentlichen Raum besteht (möglichst kurze vs. möglichst lange Stand-/ Anschlusszeiten). Für die künftige Projektarbeit ergibt sich darüber hinaus die Frage, ob die voraussichtlich geringen Erlöschancen ausreichende Anreize für die Fahrzeugnutzer zur Beteiligung an Netzintegrationsdienstleistungen bereitstellen. Überdies sind die durchgeführten Potentialabschätzungen um mögliche Marktrückkopplungen (bspw. Auswirkungen auf die Preise am Minutenreservemarkt durch Einbindung zahlreicher Elektrofahrzeuge bei der Bereitstellung von Minutenreserveleistung) zu ergänzen.

4.7.6 Modul 5: IT-Plattform

Inhalt des Moduls

In diesem Modul wurden einführende Vorarbeiten hinsichtlich der Einordnung des Angebots der City2.e Plattform in das Marktumfeld vorgenommen. Des Weiteren wurden mögliche Marktrollen skizziert. Eine ausführliche Analyse, Entwicklung und Bewertung möglicher Geschäftsmodelle zur Realisierung des Gesamtsystems bedarf eines intensiven Austauschs mit den Entwicklern der Applikation und Kommunen als potentielle Betreiber. Dieser Austausch ist für die erste Phase des Realisierungsprojekts geplant.

Grundfunktionalitäten

Die City2.e IT-Plattform besteht aus einer mobilen Applikation und einem Backenderversystem. Die Applikation stellt eine Anwendersoftware für mobile Endgeräte, zum Beispiel Tablets oder Smartphones, dar und bildet die Schnittstelle zum Kunden. Der Backendserver kommt für die Verarbeitung der Daten zum Einsatz. Einen weiteren Bestandteil des Gesamtsystems stellen Sensoren zur Überwachung des Parkraums dar, die in der Realisierungsphase des Projekts entwickelt und getestet werden.

Kernfunktion dieses Gesamtsystems ist das Angebot einer Routenführung für Elektromobilisten. Dies umfasst sowohl eine Routenplanung als auch eine Reichweitenberechnung auf Basis des Batterieladestands. Des Weiteren wird ein gebündeltes Abrechnungssystem für die Nutzung öffentlicher Ladestationen bzw. für den Strombezug angeboten. Grundsätzlich sollen verschiedene Stromanbieter in das System eingebunden werden. Zukünftig sollen Elektromobilisten auch Funktionen zur Einbindung der Fahrzeuge in intelligente Elektrizitätsnetze angeboten werden.

Marktrollen

Unter der Marktrolle **Nutzer** werden die Endkunden verstanden, die durch die Benutzung der Applikation bzw. der IT-Plattform die unterschiedlichen Angebote des Mobilitätsanbieters bzw. der Mobilitätsoptionsanbieter in Anspruch nehmen. Für die Nutzung des Systems müssen die Nutzer die Applikation auf ihren Smartphones installieren und für bestimmte Funktionen der Applikation Zugriff auf verschiedene Daten (zum Beispiel Standortdaten, Kalendereinträge) gewähren.

Der **Mobilitätsanbieter** vertreibt und betreibt die Applikation und bildet die Schnittstelle zwischen dem Kunden und den einzelnen Mobilitätsoptionsanbietern. Der Mobilitätsanbieter bietet den Nutzern

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	109/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

unterschiedliche Mobilitätsdienstleistungen als ein Gesamtpaket „aus einer Hand“ an. Der Mobilitätsanbieter kann für einzelne Dienstleistungen ein Nutzungsentgelt von den Endkunden verlangen. Für die Realisierung dieses Gesamtpakets bindet der Mobilitätsanbieter verschiedene Mobilitätsoptionsanbieter in die App bzw. in die IT-Plattform ein. Der Mobilitätsanbieter übernimmt alle Abrechnungsprozesse gegenüber dem Kunden und ist für die Zuordnung der Zahlungen an die einzelnen Dienstleister verantwortlich. Der Regelbetrieb soll künftig von öffentlichen Trägern oder Unternehmen im Auftrag öffentlicher Träger übernommen werden. Im Zuge der Einbindung von Smart Parking Funktionalitäten überwacht der Mobilitätsanbieter oder einer der Mobilitätsoptionsanbieter den Parkraum und stellt dem Nutzer Informationen zur Auslastung von Parkmöglichkeiten und Parkgebühren zur Verfügung.

Zu den **Mobilitätsoptionsanbietern** zählen die Anbieter unterschiedlicher Transport- und Verkehrsdienstleistungen, wie beispielsweise Fahrradverleihservices, Carsharing-Betreiber, Ladeinfrastrukturbetreiber und ggf. Energieversorgungsunternehmen und ÖPNV-Anbieter. Die Dienstleistungen dieser Anbieter werden durch die Applikation koordiniert und gegenüber dem Kunden als integriertes Mobilitätsangebot dargestellt.

Weitere **Diensteanbieter** stellen Dienstleister für Routing, Wetterauskünfte, Verkehrsinformationen oder elektronischen Zahlungsverkehr dar. Diese können ihre Angebote ebenfalls über die App vertreiben. Weiterhin ist es denkbar, dass bestimmte Funktionen der App auf die Daten dieser Dienstleister zurückgreifen.

Der **Backendserverbetreiber** betreibt die IT-Hardware und Software für die anonymisierte Datenverarbeitung im Hintergrund. Dafür tauscht er sowohl mit den Mobilitätsoptionsanbietern als auch mit dem Mobilitätsanbieter Informationen aus. Diese Daten werden an den Mobilitätsanbieter bzw. an die Applikation gesendet und bei Bedarf (zum Beispiel Abfrage einer bestimmten Route) den Nutzern zur Verfügung gestellt. Prinzipiell sind auch Modelle denkbar, bei denen die Rollen Backendserverbetreiber und Mobilitätsanbieter von einem Akteur wahrgenommen werden.

Zahlungsdienstleister bieten die Möglichkeit zur Verwendung elektronischer Zahlungssysteme an, wie beispielsweise die Zahlung per Kreditkartenabbuchung oder Online-Bezahlssystemen (zum Beispiel Pay-Pal). Es ist denkbar, dass das System so ausgestaltet wird, dass der Nutzer bestehende Accounts bei derartigen Anbietern nutzen kann oder dass der Mobilitätsanbieter einen eigenen Dienstleister wählt, bei dem der Nutzer seine Zahlungsinformationen hinterlegen muss.

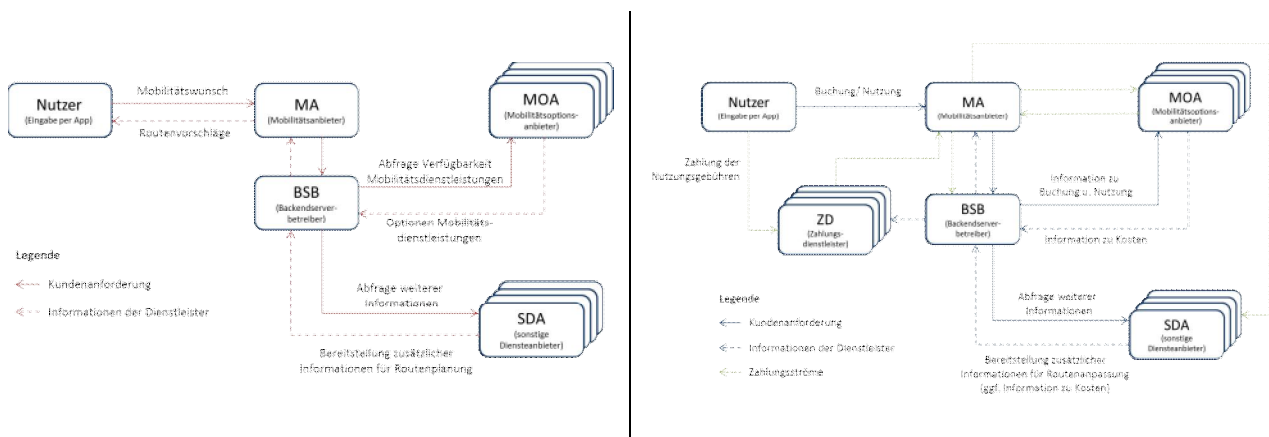


Abbildung 71: Informationsflüsse, Abrechnungsinformation und Zahlungsströme

In *Abbildung 71* wird auf der linken Seite schematisch dargestellt, wie der Informationsaustausch zwischen den unterschiedlichen Marktrollen ausgestaltet sein könnte. Der Nutzer übermittelt per App seinen Mobilitätswunsch an den Mobilitätsanbieter. Dieser leitet die Daten an den Backendserverbetreiber weiter, der daraufhin bei den Mobilitätsoptionsanbietern die Verfügbarkeit und die Kosten der einzelnen Mobilitätsoptionen abfragt. Gleichzeitig werden bei sonstigen Diensteanbietern zusätzliche Informationen und damit ggf. verbundene Kosten entsprechend der Nutzerpräferenzen abgefragt. Der Backendserverbetreiber verarbeitet diese Daten und leitet sie an die Applikation weiter. Diese bietet dem Nutzer verschiedene Routenalternativen und Preisinformationen an.

Auf der rechten Seite zeigt die Abbildung die mögliche Ausgestaltung des Austauschs der Abrechnungsinformationen zwischen den Marktakteuren sowie damit verbundene Zahlungsströme. Der Nutzer entscheidet sich für eine der ihm angebotenen Optionen und bucht diese über die Applikation. Die Applikation leitet diese Information an den Backendserverbetreiber weiter. Dort werden die Daten über die

<p>Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM1079</p>	<p>Version: 1.0 vom 03.09.2014</p>	<p>110/ 136</p>
--	--	---	------------------------------

Buchung und die tatsächliche Nutzung verarbeitet und an die Mobilitätsoptionsanbieter weitergegeben. Der Backendserverbetreiber erhält von den Mobilitätsoptionsanbietern (ggf. auch von den sonstigen Diensteanbietern) Informationen zu Kosten und tauscht diese mit dem Mobilitätsanbieter und dem Zahlungsdienstleister aus. Der Nutzer zahlt die Nutzungsgebühren mittels eines elektronischen Zahlungssystems über einen Zahlungsdienstleister an den Mobilitätsanbieter, der diese an die anderen Markttrollen entsprechend der Nutzung ihrer Angebote weiterleitet. Seitens des Kunden erfolgt die Zahlung der Nutzungsentgelte über eine Bezahlungsfunktion innerhalb der Applikation. Gleichzeitig kann es je nach Erlösmodell sein, dass die Mobilitätsoptionsanbieter dem Mobilitätsanbieter eine Provision für die Vermittlung von Kunden zahlen.

Zusammenfassung

Insgesamt wird deutlich, dass der Nutzer nur eine Schnittstelle für die Abfrage von Informationen und die Nutzung der Leistungen verschiedener Anbieter bedienen muss. Nach Eingabe seiner Präferenzen übernehmen Mobilitätsanbieter und Backendserverbetreiber den Informationsaustausch mit den anderen Akteuren. In diesem Ansatz liegt der Vorteil gegenüber bestehenden Lösungen, da möglichst alle verfügbaren inter- und multimodalen Verkehrsangebote einbezogen werden. Für den Nutzer verringern sich die mit der Nutzung von Verkehrsangeboten verbundenen Transaktionskosten. Vor der Durchführung der eigentlichen Transaktion entstehen dem Nutzer durch die Applikation geringere Kosten für die Informationsbeschaffung und geringere Kosten für die Anbahnung der Transaktionen, da er sich nicht bei unterschiedlichen Anbietern registrieren muss. Nach der Transaktion entstehen dem Nutzer geringere Kosten für die Abwicklung des Zahlungsverkehrs, vor allem wenn Zahlungen an unterschiedliche Mobilitätsoptionsanbieter geleistet werden müssen.

4.8 Modellierung und Visualisierung (AP9) -> Siemens Corporate Technology

4.8.1 Ziel

Städte sind komplexe Systeme bei denen viele Faktoren miteinander in Wechselwirkung stehen, so dass das Systemverhalten nicht offensichtlich ist. Die Modellierung dieser Wechselwirkungen hat zum Ziel, dieses komplexe System geordnet zu erfassen und erlebbar zu machen. Insbesondere können Auswirkungen auf kurz- bis mittelfristiger Zeitskala hinsichtlich der Änderung von Rahmenbedingungen z.B. durch Anwendung stadttypischer Steuerinstrumente auf übergeordnete städtische Ziele, wie z.B. angestrebte Emissionsminderungen, mit Hilfe des Modells untersucht werden. Weitere Treiber des Systems, wie die soziodemographische oder auch die Wirtschaftsentwicklung müssen durch Streubereiche festgelegt werden. Im Fokus der Arbeit stehen Konzepte für Elektromobilität von Laternenparkern. Durch das Aufzeigen von Hebelwirkungen bezüglich unterschiedlicher Geschäftsmodelle und deren zu Grunde liegenden technischen Lösungen, werden mögliche Anreize auf das Nutzer- oder Betreiberverhalten untersucht und beurteilt, um den Anteil an Elektrofahrzeugen in einer Stadt zu erhöhen und den öffentlichen oder halböffentlichen Parkraum optimal zu nutzen und auszusteuern.

Die Modellbetrachtungen für die gesamte Systembeschreibung gehen über unterschiedliche Ebenen. Es gibt strategische Betrachtungen auf oberster Abstraktionsebene (Makrosicht), zur rechtlichen, politischen und stadtplanerischen Strategieentwicklung, die operative Betrachtungsebene für Infrastrukturbetreiber (Mesosicht) und die individuelle Betrachtung auf Detailebene für Infrastrukturverhalten und Einbeziehung des Individuums durch die Beschreibung eines Nutzerverhaltens (Mikrosicht).

Mit Hilfe der makroökonomischen Modelle zur Bevölkerungs-, Wirtschafts- und Energiepreisentwicklung werden die Tendaussagen festgelegt. Zusätzlich werden mögliche Stellschrauben für die Szenarienbetrachtung berücksichtigt. Ausgehend von technologischen Entwicklungen werden Kostenbetrachtungen durchgeführt und in Kombination mit dem Nutzerverhalten, sozialen Milieus und Fahrprofilen wird dann die Haushaltsausstattung mit Elektrofahrzeugen definiert. Damit können erste Aussagen zu Emissionen wie CO₂, NO_x, PM₁₀ und Lärm gemacht werden.

Geräte für die Laternenparker muss eine zusätzliche öffentliche oder halböffentliche Ladeinfrastruktur bereitgestellt werden. Mit Hilfe von Geschäftsmodellen für Laden und Parken sowie für eine strategisch optimale Flächennutzung bei der Parkraumbewirtschaftung sollen Standorte für Ladestationen identifiziert und bewertet werden.

4.8.2 Modellierung – Makrosicht – Kaufentscheidung

Die Entwicklungen im Bereich Mobilität, wobei insbesondere neue Antriebskonzepte und verändertes Nutzerverhalten (z.B. Akzeptanz von Carsharing) zu beachten sind, müssen aus verschiedenen Sichten (Mikro-, Meso-, Makrosicht) betrachtet werden, um zukunftsfähige Entwicklungen unterstützen zu können. Da Stadtteilen/Stadtquartieren eine Schlüsselrolle zukommt, und diese darüber hinaus im Fokus dieses

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	111/ 136
---	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

Projektes stehen, wurden Betrachtungen auf kleinräumiger Ebene vorgenommen. Da jedoch viele Aspekte im Themenumfeld Elektromobilität nicht durch lokale Betrachtungen erfasst werden können, ist eine weitergehende Sicht notwendig. Im Folgenden wird daher die Sicht der Makroebene beschrieben. Die Sichten ergänzen sich und sollen zu einem konsistenten Gesamtbild möglicher Entwicklungen führen. Vordergründig behandelt die Makrosicht das Zukunftspotential für Personenkraftfahrzeuge mit Elektroantrieb. Hierbei wird jedoch einschränkend erst einmal der Fahrzeugkauf betrachtet, der in späteren Schritten um das Leihen von Fahrzeugen ergänzt werden muss. In diesem Kontext widmet sich der nächste Abschnitt der Marktdurchdringung von Technologien.

Marktdurchdringung von Technologien

Da das Laden und somit Parken von individuellem Verhalten abhängt sind detaillierte Beschreibungen, auch in Form von Modellen, notwendig. Viele Entscheidungen, wie z.B. Kaufentscheidungen hinsichtlich des Erwerbs von Kraftfahrzeugen oder Entscheidungen zur Verkehrsmittelwahl, sind jedoch auch abhängig von Rahmenbedingungen die zum Teil nicht auf lokaler Ebene zu suchen sind. Ein Beispiel wäre hier die Entwicklung der Rohölpreise, die einer großen Unsicherheit unterliegt.

Eine Vorstellung darüber wie Marktentwicklungen unter verschiedensten Randbedingungen (technologische Entwicklungen, rechtliche Rahmenbedingungen, Preisentwicklungen etc.) stattfinden könnten, ist dabei einerseits wichtig für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen (Investitionen) und andererseits für die Bewertung von Auswirkungen die mit der Marktentwicklung einhergehen. Insbesondere ist für die Bewertung der Ertragsseite von Ladesäulen die mögliche Anzahl von Elektrofahrzeugen ein wesentlicher Berechnungsfaktor (vgl. [Fischer 2011]). Die Bestimmung der Marktentwicklung ist die Grundlage für detaillierte Betrachtungen in Zusammenhang mit Laden und Parken (z.B. Analyse des erwarteten Ladeverhaltens mit Betrachtung der Netzauswirkungen).

Marktdurchdringung durch Technologienutzen

Die Entwicklung der Marktdurchdringung ist eng mit dem Nutzenkonzept verbunden. Es wird davon ausgegangen, dass das Produkt unter Alternativen ausgewählt wird, das den größten Nutzen verspricht. Der Nutzen setzt sich im Allgemeinen Additiv zusammen, wobei die einzelnen Nutzenkomponenten einer Gewichtung unterliegen. Der Gesamtnutzen kann dabei positiv oder negativ sein.

Aus dem berechneten Nutzen kann dann der zu erwartende Marktanteil berechnet werden. Als Ergebnis ergeben sich verschiedene Marktdurchdringungen während des Untersuchungszeitraumes. Dazu müssen die Entwicklungen, z.B. der Treibstoffkosten, geschätzt werden. Hierzu können Streubereiche festgelegt werden, aus deren Bereichen konkrete Entwicklungen im Programm gewählt werden. So kann für die Treibstoffkostenentwicklung der Streubereich durch ein Tiefpreis- und ein Hochpreisszenario begrenzt werden. Alternativ können Entwicklungen durch die Fortschreibung bisheriger Trends beschrieben werden.

Elektroautos – Entscheidungsfaktor Parken

Die Entwicklung der Fahrzeugelektromobilität kann durch vielfältige monetäre und nichtmonetäre Anreize gefördert werden. Das Marktanzreizmechanismen Wirkung zeigen, ist gut am Automarkt Norwegen zu sehen. Im September 2013 erfolgten mit ca. 5% Anteil die meisten Neuzulassungen für das Modell Tesla S (vgl. [Physorg 2013]). Dieser Anteil ist begründet durch eine vielfältige Einflussnahme des Staates zur Förderung von Elektroautos (keine Mautgebühren, Steuervergünstigungen, kostenlose Parkplätze, Möglichkeit der Nutzung von Busspuren, kostenloses Laden).

Eine Möglichkeit die Attraktivität von Elektroautos lokal zu fördern, ist die Ausweisung von Sonderparkflächen. Für die Berücksichtigung des Parkraumes wurde das Nutzenmodell um die Komponente Parksituation erweitert. Die Schwierigkeit besteht jedoch darin, die Gewichtung für die Entscheidungsvariable Parksituation festzulegen. Darüber hinaus ist auch nicht genau klar, wie Nutzer Parksituationen bewerten (Messung der Parksituation). Andererseits kann davon ausgegangen werden, dass die lokale Parkplatzverfügbarkeit einen Einfluss auf Fahrzeugkäufe hat. Die Gewichtung wurde als plausible Annahme so festgelegt, dass sie eine viel geringere Bedeutung als der Kaufpreis oder die Treibstoffkosten aufweist. Eine genauere Bestimmung dieses Faktors muss durch weitergehende wissenschaftliche Forschung erfolgen. Auch die Parksituation wurde durch eine vereinfachende Annahme, ohne eine Absicherung mittels wissenschaftlicher Begleitforschung, festgelegt. So wird die Parksituation als sehr gut eingeschätzt wenn es im Untersuchungsgebiet mehr öffentliche Parkplätze als Kraftfahrzeuge gibt. In diesem Fall sollte immer ein Parkplatz gefunden werden. Gibt es deutlich mehr Kraftfahrzeuge als Parkplätze wird die Parksituation als schlecht beurteilt.

Für die Analyse wurde unterstellt, dass keine Sonderparkflächen für Elektroautos eingerichtet werden. In weiteren Fällen wurde unterstellt, dass 1% bzw. 2% der in der Parkbewirtschaftungszone im Prenzlauer Berg bewirtschafteten Parkplätze für Elektroautos bestimmt sind. Als Ergebnis stellte sich heraus, dass der

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	112/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

Bezugspunkt sehr wichtig ist. So war die Anzahl der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Elektroautos zum Ende des Modellzeitraumes (Jahr 2030) annähernd gleich. Das heißt, dass langfristig gesehen die Ausweisung von Sonderparkplätzen keine Bedeutung zu haben scheint. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass die Anzahl der Sonderparkplätze konstant gelassen wurde. Wenn man den Bezugspunkt zeitlich näher wählt, z.B. das Jahr 2020, so kann die Ausweisung von Sonderparkplätzen durchaus eine Bedeutung für den Autokauf und damit auf die Marktdurchdringung von Elektroautos haben. Für die Markteinführung kann dieses Steuerinstrument demnach durchaus berechtigt sein. Dass in der Langfristperspektive Sonderparkplätze nicht bedeutsam sind, kann folgendermaßen erklärt werden. Zu Beginn des Untersuchungszeitraumes gibt es so gut wie keine Elektroautos. Die Ausweisung von Sonderparkplätzen bietet einen großen Nutzen für Käufer von Elektroautos. Mit zunehmender Marktdurchdringung nimmt dieser Nutzen stetig ab, da immer mehr Elektroautos in Konkurrenz um die festgesetzten Sonderparkplätze stehen. Anders sieht die Situation aus, wenn die Anzahl der Sonderparkplätze dynamisch wachsen würde.

Modelle für die Analyse von Umweltwirkungen

Umweltwirkungen, wie lokale CO₂ – Emissionen, stehen in einem direkten Zusammenhang mit der Marktdurchdringung der berücksichtigten Technologien. Die Auswirkung der Veränderung einzelner Variablen auf die Marktdurchdringung von Elektroautos und somit auf die lokalen CO₂-Emissionen sollte im Modell untersucht werden. Als Beispiel sei nachfolgend auf die Entwicklung der Kaufpreise für Autos mit Verbrennungsmotor verwiesen. Im Fall 1 wurde unterstellt, dass es eine jährliche Preissteigerung von 0,5%-1,5% gibt (der Kaufpreis zu Beginn des Modellzeitraumes beträgt 20000€). Im Fall 2 hingegen wird unterstellt, dass der Konkurrenzkampf mit den Elektroautos verstärkt angenommen wird, so dass erreicht wird, dass die Kosten für Autos mit Verbrennungsmotor konstant gehalten werden können.

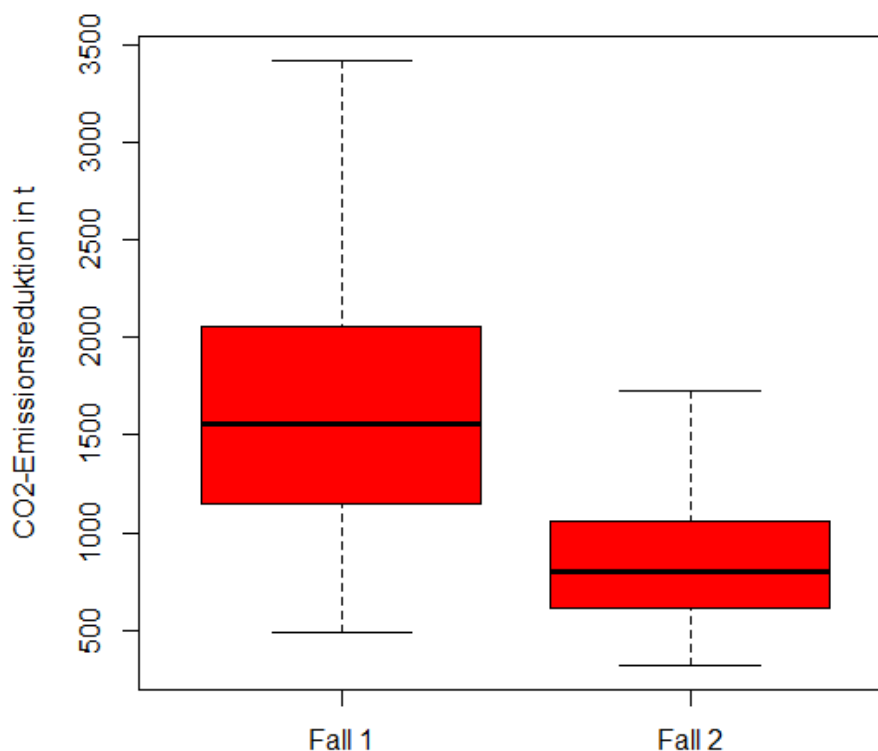


Abbildung 72: Reduktion der lokalen CO₂-Emissionen

Die Kostenentwicklungen für Technologien unterliegen, insbesondere wenn sie neu und innovativ sind, größeren Unsicherheiten. Darüber hinaus sind Variablen wie Kaufpreise lokal kaum beeinflussbar. Abbildung 72 zeigt jedoch an einem Beispiel, dass solche Variablen einen großen Einfluss auf die Erreichbarkeit lokaler Zielvorstellungen haben können. Vorausgesetzt wird in diesem Zusammenhang, dass die Modellvorstellung des Homo oeconomicus Gültigkeit hat und der Kaufpreis den Nutzen wesentlich bestimmt. So kann im Fall 2, bedingt durch die günstigeren Kaufpreise für Autos mit Verbrennungsmotor, nur eine geringere lokale CO₂-Emissionsreduktion gegenüber dem Fall 1 erreicht werden. Die Reduktion geht auf die Marktdurchdringung

von Elektroautos zurück und ist bezogen auf den Fall des ausschließlichen Vorhandenseins von Autos mit Verbrennungsmotoren. Die Abbildung ist dabei auf das Ende des Modellzeitraumes (Jahr 2030) bezogen.

Zusammenfassung

In Ergänzung zu den Betrachtungen auf Mikro- und Mesoebene wurde im Rahmen dieses Arbeitspaketes ein erstes Modell auf Makroebene entwickelt. Ziel dieses Modells ist es, zu einen verbesserten Systemverständnis zu gelangen, indem beeinflussende „globale“ Randbedingungen wie technologische Entwicklung, Bevölkerungsentwicklung, rechtliche Rahmenbedingungen usw. berücksichtigt werden. Das Ergebnis des Modells sind zeitliche Entwicklungen der Marktdurchdringung von Elektroautos. Aus der Marktdurchdringung können dann in weiteren Schritten Umweltwirkungen (z.B. lokale CO₂-Emissionen) geschätzt werden. Des Weiteren dient die Marktdurchdringung als Grundlage für Wirtschaftlichkeitsanalysen für Ladeinfrastrukturkonzepte. Mit Hilfe solcher Modelle kann die mögliche Wirkung von Steuerinstrumenten getestet werden. Des Weiteren ist es möglich mittels Optimierung Systemkonstellationen zu identifizieren, die gut mit Zielvorstellungen auf lokaler Ebene übereinstimmen.

4.8.3 Modellierung – Meso-/Mikrosicht - Ladesäulenplatzierung

Für eine ausgewählte Platzierung von öffentlichen oder halböffentlichen Ladesäulen werden drei Auslegungen definiert, für die Akteure Verkehrsteilnehmer, Ladesäulenbetreiber und Verwaltung oder öffentliche Hand. Je nach Akteur werden jeweils auch unterschiedliche Schwerpunkte in der Modulbeschreibung gesetzt, die sich auch auf die Wirkzusammenhänge auswirken.

Use Cases

- **Verkehrsteilnehmer**

Aus Sicht eines Verkehrsteilnehmers muss es jederzeit möglich sein von einem Standort zu einem gewünschten Zielort in vertretbarer Zeit und zu vertretbaren Kosten gelangen zu können. Zur Deckung dieses Grundbedürfnisses einer individuellen Mobilität soll für den Einsatz von Elektrofahrzeugen eine flächendeckende Ladeinfrastruktur ausgebaut werden, um notwendige Ladezustände und Reichweiten garantieren zu können. Für eine geeignete Ladesäulenplatzierung wird zunächst ein Stadtgebiet definiert. Zusätzlich müssen Daten zum Park- und Fahrverhalten in diesem Stadtgebiet bestimmt werden, sowie mögliche Plätze für eine Ladesäulenplatzierung. Dazu werden sog. „Points of Interest“, mögliche Stellplätze und damit verbundene Standzeiten definiert und bewertet. Es ist also vor allem das Parkverhalten und die Nutzung öffentlicher oder halböffentlicher Parkräume entscheidend.

- **Ladeinfrastruktur-Betreiber**

Ein Ladeinfrastrukturbetreiber muss entscheiden, wo, welche Art von Ladesäulen, wie in einem festgelegten Gebiet installiert werden sollen und können. Für die Auswahl der Standorte ist entscheidend, den geplanten finanziellen Gewinn über eine vorgegebene Zeit bei einem gegebenen Geschäftsmodell zu maximieren. Für diese Bewertung ist die Kenntnis des Nutzerverhaltens erforderlich, aber ebenso die Berücksichtigung zusätzlicher Finanzierungsmöglichkeiten (Subventionen, steuerliche Vergünstigungen, ...). Dies geschieht mit Hilfe der Beschreibung von potentiellen Standorten in erster Linie auf öffentlichen oder halböffentlichen Parkräumen hinsichtlich ihrer technischen Realisierung, dem Nutzungsverhalten und der Geschäftsmodellierung.

- **Verwaltung und Flächennutzung**

Um die Zahl an Elektrofahrzeugen zu erhöhen, soll die Ladeinfrastruktur neben dem privaten auch im öffentlichen und halböffentlichen Raum ausgebaut werden. Ladesäulenbetreiber haben bereits eine Standortauswahl für Ladesäulen im öffentlichen / halböffentlichen Raum z.B. in einem bestimmten Stadtgebiet getroffen. Die, für die Verwaltung der Flächen zuständigen, Behörden müssen dazu die potentiellen Standorte hinsichtlich Vorschriften, rechtlicher Rahmenbedingungen und weiterer Faktoren beurteilen und gegebenenfalls die nötigen Berechtigungen zum Errichten der Ladeinfrastruktur erteilen.

Bezogen auf die rechtlichen Rahmenbedingungen wird hier als halböffentliche Ladestation eine Ladestation verstanden, die sich auf einer privaten Fläche befindet und grundsätzlich der Allgemeinheit zur Verfügung steht bzw. der Zugang von einer Voraussetzung abhängig ist, die grundsätzlich jedermann erfüllen kann (bspw. Kundenparkplatz eines Supermarkts).

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	114/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

Stadtsystemmodell

Das Stadtsystemmodell definiert die gesamten Wirkzusammenhänge, die Architektur und die Ablaufsteuerung zur Auswertung und Analyse für den Ausbau der Ladesäuleninfrastruktur im urbanen Raum auf öffentlichen und halböffentlichen Parkräumen.

Die Grundstruktur des Stadtsystemmodells setzt sich zusammen aus dem Datenmanagement als Basis, der Modellierung zur Beschreibung des Verhaltens und der Analysemethoden sowie der Visualisierung als User Interface zur Szenarienkonfiguration und Ergebnisdarstellung. Zur Ausführung einzelner Szenarienauswertungen ist eine Ablaufsteuerung notwendig, welche den Zugriff auf die einzelnen Funktions- und Methodenaufrufe und den Austausch über definierte Schnittstellen ermöglicht.

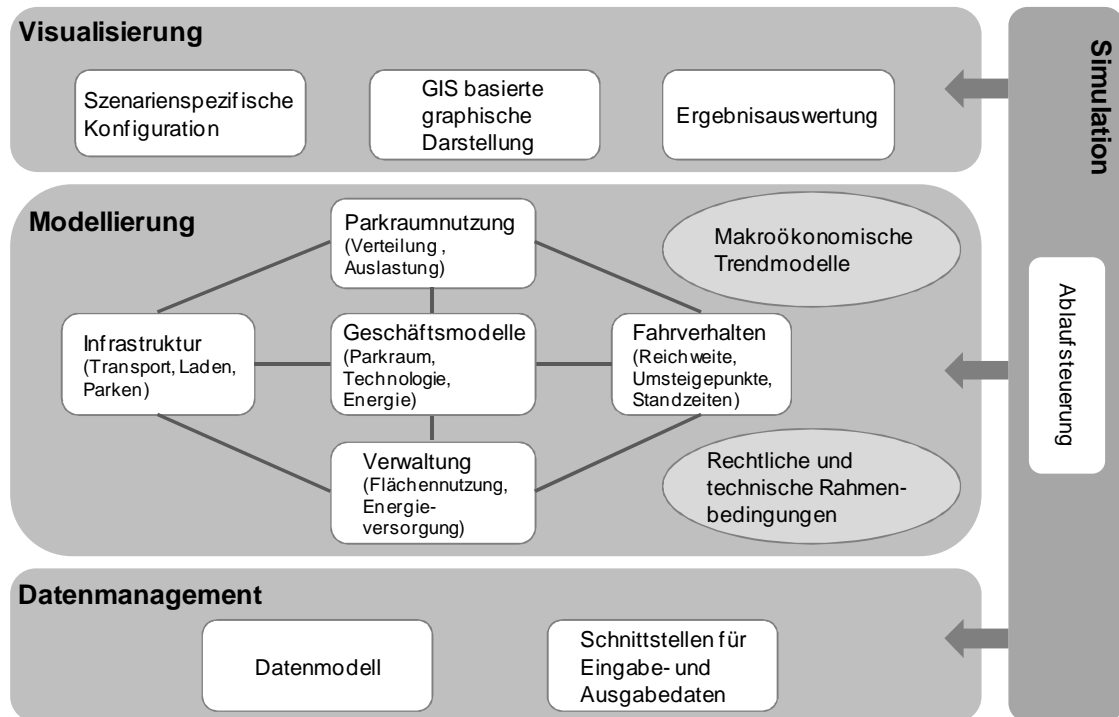


Abbildung 73: Modell-Architektur in der Übersicht

Visualisierung

Das Visualisierungsmodul erfüllt die Aufgaben Konfiguration und Ergebnisdarstellung.

Um verschiedene Szenarien zur Ladesäulenplatzierung auszuwerten, ist es notwendig auf der Steuerungsebene Konfigurationsmöglichkeiten bereitzustellen. Die Konfiguration erfolgt durch das Festlegen von Parametern und der Definition eines Auswertungsszenarios. Hier können die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen festgelegt werden, für die eine Auswertung für einzelne Szenarien aber auch für Entwicklungspfade erfolgen soll. Es können also auch Trends, makroökonomische Entwicklungen und Preisentwicklungen abgebildet werden. Zu den derzeit betrachteten Konfigurationsparametern gehören die Anzahl der Einwohner in einem Teilgebiet, die Anzahl der Beschäftigten in einem Teilgebiet, die Anzahl gemeldeter Kraftfahrzeuge in einem Teilgebiet und der Anteil an Elektrofahrzeugen in einem Teilgebiet, aber auch Belegungsprofile für Gebäude nach Gebäudetypen, die Maximalbelegung für einzelne Gebäude und die Ladesäulenart.

Darüber hinaus entstehen aus Markt- und Geschäftsmodellbetrachtungen zusätzliche Einflussgrößen auf die Szenarien, die bei den aktuellen Konfigurationseinstellungen und Stellschrauben nicht berücksichtigt sind, jedoch auf Grundlage der von IKEM betrachteten Markt- und Geschäftsmodelle, noch entwickelt werden können (siehe Kap. 4.7).

Für die Auswertung der einzelnen Szenarien sind noch der Reichweiten-Radius zur Bestimmung der Infrastruktur-Flächendeckung, der Schwellwert für wirtschaftlich akzeptables Ladevolumen und der Puffer-Radius als akzeptable Fußweg-Distanz zwischen Parkplatz und Zielort notwendig.

Die Ergebnisse aus der Szenarienauswertung werden als Karten, unter Nutzung eines Geoinformationssystems, dargestellt.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	115/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

Für die verschiedenen, bei der Szenariodefinition festgelegten Konfigurationen wird jeweils ein Ergebnis berechnet, das über die Karten visualisiert werden kann. So können auch Vergleiche zwischen Szenarien durchgeführt werden.

Da in ein Szenario auch immer verschiedene Sichtweisen auf die Platzierung der Ladeinfrastruktur mit einfließen, sind dafür jeweils unterschiedliche relevante Ergebnisse darstellbar.

- **Ladesäulen-Standortbestimmung aus Sicht eines Ladesäulenbetreibers**
Der Betreiber wirft den Blick hauptsächlich auf das Auslastungsprofil der Ladeinfrastruktur und des Parkplatzes sowie auf das Ladevolumen und die Anzahl der Ladevorgänge. Zunächst wird für jeden bewerteten Parkraum eine potentielle Ladesäule angenommen und das entsprechende Ladevolumen berechnet. Mit dem vorkonfigurierten Schwellwert, können dann weniger effiziente Ladesäulen ausgeblendet werden und nur die Ertrags-aussichtsreichsten Standorte an öffentlichen oder halböffentlichen Sammelparkräumen für Ladesäulen angezeigt werden. Zusätzlich zum Ladevolumen kann auch die Anzahl der Ladevorgänge in die Bewertung mit eingehen.
- **Flächendeckung aus Sicht eines Verkehrsteilnehmers oder der Stadtplanung**
Für diese Ladesäulen kann die Flächendeckung der potentiellen Ladeinfrastruktur bestimmt werden. Dazu wird um jeden Ladesäulenstandort ein Kreis gelegt, mit dem Radius einer Restreichweite, bzw. in welchem Umkreis die nächste Ladesäule zu erwarten wäre. Die Fläche die durch die Kreise definiert ist wird dann mit der Gesamtfläche des zu betrachtenden Gebietes in Relation gesetzt.
- **Parkdruck aus Sicht eines Verkehrsteilnehmers oder der Stadtplanung**
Der Parkdruck lässt sich definieren durch die Parkplatzauslastung, also durch den Anteil der parkenden Fahrzeuge an der Gesamtanzahl an Stellplätzen auf dem Parkraum.

Modellierung: Verhaltens- und Analysemodell

Im Rahmen des Nutzerverhaltens liegt das Parkverhalten der Fahrzeugführer hauptsächlich im Fokus. Wichtig für die Modellierung der Parkraum- und Ladesäulenauslastung sowie des Ladevolumens sind hier vor allem die Standzeiten und Ladezeiten der (Elektro-)Fahrzeuge. Diese wiederum können durch die Parkraumbewirtschaftung und die Geschäftsmodelle, die hinter dem Betrieb der Ladeinfrastruktur stecken, beeinflusst werden. Explizit nicht berücksichtigt ist im Gegensatz das Fahrverhalten der Fahrzeugführer. Die Datenlage hier ist schwierig und Aussagen zum Fahrverhalten sind deshalb zu generisch und nicht belastbar. Zum Fahrverhalten gehören Aussagen zu Reichweiten der Elektroautos oder zu deren Ladezuständen (SOC: State of charge).

Neben der Auswertung zur Platzierung von Ladesäulen im öffentlichen und halböffentlichen Raum kann darauf aufbauend auch die Wirtschaftlichkeit von Ladesäulen durch zusätzliche Modelle abgeleitet werden. Dabei haben zum einen der Standort von Ladesäulen, zum anderen aber auch die Geschäftsmodelle für den Betrieb der Ladeinfrastruktur und die allgemeine Parkraumbewirtschaftung Einfluss.

In der Beschreibung des Verhaltens werden insbesondere folgende Annahmen getroffen:

- Ausgehend von innerstädtischem Verkehr in Berlin [SrV 2008] mit durchschnittlich 15,2 km Wegstrecke am Tag (1,6 PKW-Fahrten pro Tag * 9,5 km mittlere Entfernung pro PKW und Tag) und 96% Standzeit am Tag (58,9 min mittlere Zeit im PKW pro Tag) werden vor allem Lademöglichkeiten auf der Wegstrecke abhängig vom Wegezweck definiert (insbesondere für Laternenparker, mit 53,1% PKW-Stellplätzen im öffentlichen Raum).
- Potentielle Ladesäulen werden auf öffentlichen oder halböffentlichen Parkräumen aufgestellt
- Es werden nur Sammelanlagen als Parkräume berücksichtigt
Straßenräume nur in Ausnahmefällen
- Von Interesse ist das Parkverhalten, definiert durch die Parkraumnutzung;
Fahrverhalten, Bewegungsprofile, notwendige Reichweiten oder aktuelle Ladezustände eines Elektrofahrzeuges werden nicht berücksichtigt
- Maßgebend für die Parkraumnutzung ist der Wegezweck bzw. die Art der umliegenden sog. Attraktionspunkte („Points of Interest“)
- Die durchschnittlichen Aufenthaltsdauern in Gebäuden/Attraktionspunkten definieren die durchschnittlichen Standzeiten und damit die Parkraumnutzung

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	116/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

- Es wird so lange wie möglich geladen, abhängig von der Standzeit, bis zur maximalen Ladezeit (abhängig von der Ladesäulenart).
Es wird noch kein gesteuertes Laden berücksichtigt
- Das Ladevolumen ist abhängig von der Ladezeit (Ladedauer bei einer 20kWh Batterie [1.3h, 0.6h, 0.3h, 0,2h]) und der Ladesäulenart (Mode1 [AC-Normalladen], Mode2 [AC-Normalladen], Mode3 [AC-Schnellladen], Mode4 [DC-Schnellladen])

Hintergrund dieser Annahmen ist, dass Lademöglichkeiten für Elektrofahrzeuge über öffentliche oder halböffentliche Ladeinfrastruktur ermöglicht und möglichst flächendeckend ausgebaut werden sollen. Die betrachteten Parkräume sind Sammelanlagen, welche typischerweise, ausgehend von empirisch erhobenen Wegezwecken, angefahren werden und für die eine gewisse Standzeit angenommen werden kann. Die Auslastung dieser Parkräume ist gut messbar und damit ist das Modell validierbar.

Die Infrastruktur im betrachteten Untersuchungsgebiet, die als grundlegender Input für den Aufbau und die Auswertung eines Szenarios benötigt wird, wird über Open Street Map-Daten (OSM) importiert. Aus diesen Daten kann für das betrachtete Gebiet das Straßennetz, das Schienennetz für öffentlichen Transport, die Gebäude, öffentliche und halböffentliche Parkräume sowie die Umsteigepunkte zum ÖPNV angezeigt werden. Außerdem sind in den OSM-Daten bereits Positionen der schon bestehenden Ladeinfrastruktur für Elektroautos gegeben. Darüber hinaus sollte auch das Energieversorgungsnetz in die Auswertung zur Ladesäulenplatzierung mit einbezogen werden. Allerdings sind die notwendigen Daten und technischen Größen im Netzwerk nicht öffentlich zugänglich, so dass in der Modellierung der Ladesäulenplatzierung der Bezug zum Energieversorgungsnetz nicht berücksichtigt werden konnte.

Ausgehend von der Beschreibung dieser Infrastruktur-Objekte wird das Parkverhalten ermittelt und die Auslastungsprofile von Belegungsprofilen der Gebäude abgeleitet.

Die Parkraumnutzung bestimmt das Parkverhalten und die Parkraumauslastung. Davon abgeleitet wird eine Ladesäulenauslastung definiert.

Es wird angenommen, dass Ladesäulen an Parkplatzsammelanlagen aufgestellt werden. Zur Definition der Ladesäulenart wird hierfür das entsprechende Objekt definiert. Für die Bestimmung der Auslastung einer Ladesäule wird die Parkplatzauslastung verwendet und der Anteil an Elektrofahrzeugen in diesem Gebiet (Input aus dem Makromodell zur Kaufentscheidung, Kap. 4.8.2). Diese Parkplatzauslastung wird abgeleitet, von den Belegungsprofilen relevanter umliegender Gebäude. Dazu wird ein Puffer mit definiertem Radius um einen Parkplatz gelegt und die darin enthaltenen Gebäudeprofile ausgewertet.

Zur Berechnung des Ladevolumens wird dann im Wesentlichen die Ladebetriebsart verwendet.

Als Rahmenbedingungen spielen verschiedene Aspekte eine Rolle. Diese beziehen sich vor allem auf die technische und makroökonomische Entwicklung aber auch auf rechtliche Bestimmungen und Einschränkungen.

Mithilfe von makroökonomischen Modellen können Trends in der Bevölkerungsentwicklung, in der Wirtschafts- und Einkommensentwicklung sowie zur Energiepreisentwicklung abgebildet werden. Zusammen mit der Preisentwicklung für Elektrofahrzeuge lassen sich so Rückschlüsse auf die Kaufentscheidung und die Entwicklung des Mobilitätsverhaltens in der Bevölkerung ziehen.

Die Preisentwicklung bei Elektrofahrzeugen wird dabei auch von technologischen Neuerungen in den Fahrzeugen mitbestimmt wie z.B. der Entwicklung der Batterien und Ladekapazitäten und hat somit ebenfalls Auswirkungen auf die Kaufentscheidung und das Mobilitätsverhalten des Nutzers der Elektromobilität.

Werden nun Ladesäulen platziert, muss anhand der Anforderungen ausgehend vom Standort entschieden werden, welche Ladetechnik und welcher Typ von Ladesäule installiert werden kann bzw. muss. Bei den Ladetechniken gibt es verschiedene Möglichkeiten, z.B. uni- oder bidirektionales Laden, Schnellladen oder induktives Laden. Ladepunkte können z.B. als Wallbox, als Ladesäulen oder in Straßenlaternen integriert installiert werden.

Zusätzlich müssen verschiedene Vorschriften und rechtliche Rahmenbedingungen berücksichtigt werden, die für die Genehmigung von Ladesäulen erfüllt sein müssen.

Inwieweit diese rechtlichen Rahmenbedingungen anwendbar und gültig sind, hängt von der teils ungeklärten Rechtslage aber auch von der Platzierung der Ladestation im öffentlichen oder halböffentlichen Raum bzw. im Zuständigkeitsbereich von Bund, Ländern oder Gemeinden ab. Darüber hinaus handelt es sich oft um einzelfallbezogene Ermessensentscheidungen.

Datenverwaltung

Zur Datenverwaltung wird eine PostGIS Datenbank verwendet. Dies ist ein georäumliches relationales Datenbanksystem, welches georeferenzierte Analysefunktionen auf relationalen Objekten unterstützt (Erweiterung von PostgreSQL).

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	117/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

Es werden die Objektdaten importiert, konfiguriert und die Ergebnisdaten gespeichert. Jedes Objekt erhält gewisse Attribute, die zur Auswertung im Modell notwendig sind. Dazu werden unterschiedliche Objektarten definiert. Jede Objektart kann wiederum einem bestimmten Objekttyp zugeordnet werden. Diesen Objekttypen werden bestimmte Eigenschaften zugeordnet die sich über die Attributwerte definieren. Neben den beschreibenden Input-Parametern werden bei den Attributen auch die Ergebnisgrößen mit angelegt und zusätzliche Datenverwaltungsobjekte definiert um effiziente Methodenzugriffe zu ermöglichen.

Die Schnittstellen definieren den Datenimport für öffentlich zugängliche und generierte Daten, die Konfiguration Szenarien-spezifischer Daten, die Ergebnisverwaltung für berechnete Werte verschiedener Sichten und Szenarien und die Ergebnisdarstellung über Karten-Layer.

Ablaufsteuerung

Die Ablaufsteuerung definiert die Abfolge der einzelnen Methodenaufrufe. Diese Abfolge folgt einem definierten Workflow zur Ausführung des Simulationswerkzeuges und damit zur Auswertung einzelner Szenarien.

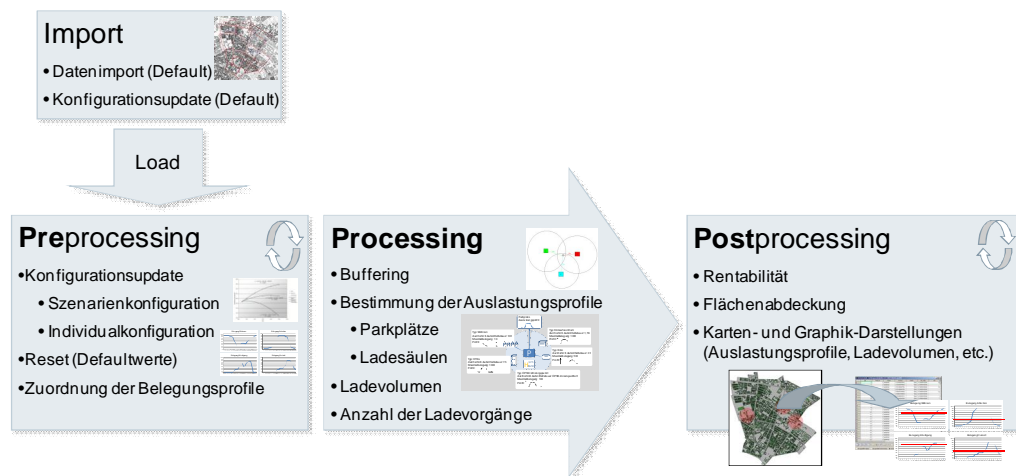


Abbildung 74 Workflow für Szenarienauswertungen

Nach dem Import der Infrastrukturdaten und der generischen Modelle kann in einem Preprocessing ein Szenario konfiguriert werden und zusätzliche individuelle Anpassungen, das Untersuchungsgebiet betreffend vorgenommen werden. Im Processing werden dann die Auswertungen bzgl. der Parkplatz und Ladesäulenauslastung, des Ladevolumens und der Anzahl der Ladevorgänge vorgenommen. In einem Postprocessing können dann die Ergebnisse entsprechend ihrer Szenarienkongfiguration aufbereitet und dargestellt werden.

Anwendung

Erste Anwendungen des Systems für das Testgebiet Prenzlauer Berg lassen Untersuchungen bzgl. der Parkraumauslastung, der Ladesäulennutzung und der Ladeinfrastruktur-Flächendeckung zu. Die Ergebnisse wurden mit der „Machbarkeitsstudie und Wirkungsanalyse zur Parkraumbewirtschaftung Prenzlauer Berg“ [LK Argus 2011] validiert und erreichen eine erste Genauigkeit von 80-90%.

Das Modell ist generisch aufgebaut und kann für frei wählbare Städte und Stadtteile angewendet werden. Die Szenarien können mit frei verfügbaren und öffentlich zugänglich Daten konfiguriert und automatisiert ausgewertet werden.

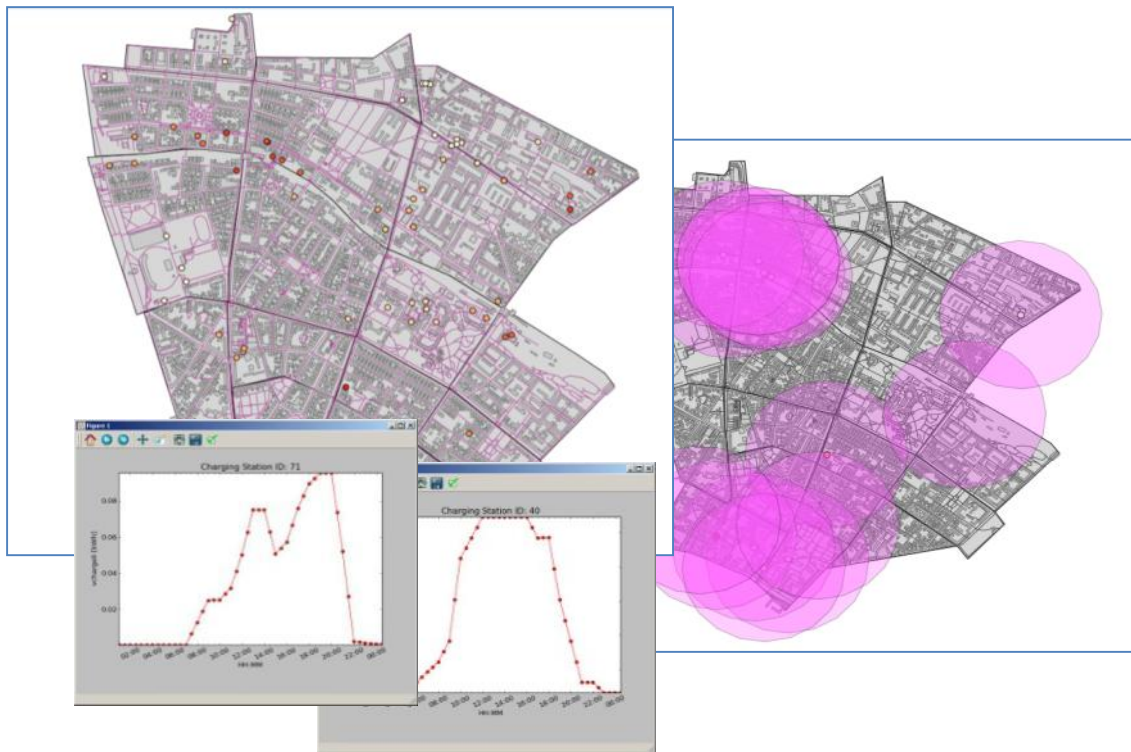


Abbildung 75: Ergebnisdarstellungen zur Park- und Ladeinfrastruktur-Auswertung

4.8.4 Ausblick

Bis zum Ende der Vorstudie wurden mit dem in diesem Bericht dargestellten System einzelne Szenarien abgebildet und umgesetzt. Außerdem wurden weitere Modelle aufbauend auf den von IKEM beschriebenen Geschäfts- und Finanzierungsmodellen für den Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur entwickelt. Darauf aufbauend können mit zusätzlich zu entwickelnden Modellen dezidierte Geschäftsmodelle abgebildet und bewertet werden.

Eine Integration und Umsetzung dieser Bewertungsmethoden im bestehenden System ist nicht mehr für die Vorstudie, sondern im Rahmen von Folgeprojekten vorgesehen. In diesen kann das Werkzeug zur Planung und Evaluierung vervollständigt werden, so dass die unterschiedlichen Geschäftsmodelle zum Betrieb einer Ladeinfrastruktur im Voraus überprüft werden können. Mit Hilfe dieses Modells können dann Hebelwirkungen für vorgegebene Zielgrößen bezüglich unterschiedlicher Geschäftsmodelle und deren zu Grunde liegenden technischen Lösungen aufgezeigt werden. Weiterhin ermöglicht es die Untersuchung und Beurteilung von Anreizen auf das Nutzer- oder Betreiberverhalten.

In einem weiteren Modul kann die Validierung auf Marktmechanismen und ökologische Aspekte für notwendige Funktionsauswertungen eines Optimierungsproblems ausgedehnt werden. Dies fließt in eine Gesamtsystemoptimierung von emissionsreduzierender Verkehrsmodalität und Energiesystemauslegung unter Einsatz erneuerbarer Energien ein.

Neben der bisher adressierten Planungsphase ist das Ziel, ein Assistenzsystem und Analysewerkzeug zur Entscheidungsunterstützung im operativen Betrieb mit modellbasiertem Forecast zu entwickeln. Es soll das Treffen wichtiger Entscheidungen im operativen wie strategischen Bereich durch die Möglichkeit der Vorabuntersuchung der Alternativen erleichtern. Anwendungen sind in der integrierten Verkehrsplanung und dem Verkehrsmanagement in Verbindung mit der Verkehrs- und Energiewende denkbar.

5 Erläuterungen zur Mittelverwendung

5.1 Hauptpositionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Verrechnung der Kosten für das Vorhaben erfolgte auf Selbstkostenbasis und gemäß der Aufstellung in der folgenden Tabelle:

Tabelle 7: Kosten und Förderanteile

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	119/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

Kategorie	Budget lt. Förderbescheid	Istkosten per 30.4.2014	Differenz	Bemerkungen
Material	0,00 €	0,00 €	0,00 €	nur Konzeptstudie, deshalb kein Material
FE-Fremdleistungen	180.000,00 €	182.797,48 €	2.797,48 €	
Personalkosten	1.157.615,00 €	1.198.465,08 €	40.850,08 €	
Reisekosten	24.142,00 €	14.013,25 €	-10.128,75 €	
sonstige unmittelbare Vorhabenskosten	100.000,00 €	81.562,50 €	-18.437,50 €	
Verwaltungskosten	19.600,00 €	18.505,20 €	-1.094,80 €	
Selbstkosten des Vorhabens:	1.481.357,00 €	1.495.343,51 €	13.986,51 €	
Zuwendung:	592.543,00 €	533.543,00 €	-59.000,00 €	gesperrte Fördermittel werden mit Endabrechnung ausgezahlt
Eigenmittel des Antragstellers:	888.814,00 €	961.800,51 €	72.986,51 €	

Bei der Umsetzung des Vorhabens standen die personellen Forschungsleistungen im Vordergrund. Dies spiegelte sich bereits in der Gesamtvorkalkulation wider, in der die beantragten und vom Fördermittelgeber genehmigten Personalkosten mit 1.157.615,- EUR die größte Kostenposition ausmachten. Nach Abschluss des Projektes konnte festgestellt werden, dass Plan- und Istkosten, bis auf geringfügige Abweichungen (<1%), gut übereinstimmen. Lediglich bei den Reisekosten und sonstigen unmittelbaren Vorhabenskosten gab es etwas höhere Abweichungen zum Plan, die sich aber auf das Gesamtbudget nicht merklich ausgewirkt haben. Die Abweichungen bei den Reisekosten sind insbesondere auf ein ausgeprägtes Kostenverantwortungsbewusstsein innerhalb des Projektteams zurückzuführen. Ein Teil der ursprünglich geplanten Reisen wurde beispielsweise, soweit möglich, durch Telefonkonferenzen bzw. Live-Meeting-Besprechungen ersetzt.

Aufgrund eines absehbaren Terminverzuges bei der Konsolidierung der Ergebnisse wurde rechtzeitig eine Projektverlängerung beantragt, die dann auch zeitnah vom Projektträger bewilligt wurde. Die Projektverlängerung hat zu keinem Fördermittel-Mehrbedarf geführt.

5.2 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Umsetzung der Konzept- und Forschungsschwerpunkte des Verbundvorhabens City2.e kann insgesamt als erfolgreich bewertet werden. Wie bereits im Vorhabensantrag richtig eingeschätzt, standen die personellen Forschungsleistungen bei der Zielerreichung im Vordergrund.

Alle entstandenen Kosten des Vorhabens City2.e sind ausschließlich zur Erreichung der formulierten Forschungsziele angefallen und waren somit für die Zielerreichung des Vorhabens notwendig. Die Angemessenheit der geleisteten Arbeit sowie der dabei entstandenen Kosten ergibt sich außerdem unter Beachtung der folgenden Aspekte:

- Die Angemessenheit der geleisteten Arbeit folgt aus der Erfüllung der im Projektantrag beschriebenen Aufgaben und Tätigkeiten sowie der Erreichung der definierten Projektziele. Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Projektziele erreicht wurden und dies mit diesem Abschlussbericht (im Kap. 4) dokumentiert wird.
- Durch die deutschlandweite Verteilung der beteiligten Siemens-Abteilungen waren die angefallenen Reisekosten unvermeidlich. Kostenreduzierend erwies sich die örtliche Nähe der Projektleitung zu den Projektpartnern und des Projektträgers in Berlin. Hierdurch konnten die geplanten Reisekosten auf ein Minimum reduziert werden. Die angefallenen Reisekosten wurden vor allem durch Dienstreisen von und nach München verursacht, da in München die wesentlichen inhaltlichen Arbeiten durch Corporate Technology und das Team des Systemarchitekten durchgeführt wurden.
- Materialkosten sind nicht angefallen, da es sich um eine Konzeptstudie handelte. Die eingesetzten Geräte und Testobjekte (u.a. bidirektional ladefähige Ladesäulen und Fahrzeuge, Simulationstools, Laborcomputer) für die Labordemonstrationen in München wurden in diesem Verbundvorhaben lediglich genutzt, aber nicht für dieses Projekt angeschafft, bzw. finanziert.

Mit diesem Verbundvorhaben haben Siemens und die Projektpartner den Grundstein für eine Weiterführung in einer Realisierungsphase geschaffen. Die Ergebnisse dieser Konzeptphase dienen zudem als eine

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	120/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

unterstützende Entscheidungshilfe für Politik und Wirtschaft auf dem weiteren Weg zu einer elektromobilen Zukunft Deutschlands und darüber hinaus.

Ohne die öffentliche Förderung hätte Siemens, vor allem aber auch die institutionellen Projektpartner, kein so großes Engagement bezüglich der eher forschungsnahen Themen entwickeln können. Die umfangreichen Projektergebnisse konnten entsprechend nur erreicht werden, da die Eigenanteile der Wirtschaft zusammen mit den Zuwendungen des Fördermittelgebers eine vertretbare Belastung darstellten, um in dem für sich noch nicht wirtschaftlich zu betreibenden Bereich der Elektromobilität zu agieren und diesen voranzubringen.

6 Ergebnisverwertung

6.1 Nutzen entsprechend Verwertungsplan

Beim Nutzen, d. h. den Verwertungsmöglichkeiten der Untersuchungsergebnisse, kann zwischen den zwei Kategorien „Wirtschaftliche Erfolgsaussichten und Anschlussfähigkeit“ sowie „Technische Erfolgsaussichten und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit“ unterschieden werden.

Wirtschaftliche Erfolgsaussichten und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Die entwickelten Konzepte dienen der Bewertung zur Schaffung einer Grundlage zur wirtschaftlichen Weiterentwicklung der Elektromobilität. In diesem Vorhaben wurde der Fokus insbesondere auf die sogenannten Laternenparker gerichtet.

Das Gesamtergebnis dieses Vorhabens lässt erkennen, dass es zwar mittlerweile eine große Bandbreite an technologischen Ideen, Konzepten und Umsetzungen gibt, die Elektromobilität technologisch betrachtet, funktionieren lassen, aber die Wirtschaftlichkeit bislang noch nicht gewährleistet ist.

Aus Sicht des Projektes muss festgestellt werden, dass neben den notwendigen technologischen Weiterentwicklungen (beispielweise preiswerte und leistungsfähige Batterien und intermodale Verkehrsplattformen), auch die politischen, gesellschaftlichen und standardisierenden Rahmenbedingungen angepasst werden müssen, um hier wirtschaftliche Erfolgsaussichten erreichen zu können. Aus aktueller Sicht ist Elektromobilität noch nicht wirtschaftlich realisierbar und es bedarf weiterer Anstrengungen, um hier auf dem Wege zu einer elektromobilen Gesellschaft voranzukommen. Wirtschaftliche Anreize für Elektromobilität könnten vor allem in Großstädten und Ballungszentren durch die Kombination mit Parkraumbewirtschaftung geschaffen werden, also z.B. freie oder reduzierte Parkgebühren für Elektromobilisten. Zudem besteht in der Förderung der Nutzung eines intermodalen Verkehrskonzeptes großes Potenzial, Elektromobilität zu stärken, da insbesondere in den Städten von geringeren Fahrleistungen auszugehen ist, die durch Elektromobile in Kombination mit z.B. dem Fahrrad oder dem öffentlichen Nahverkehr die Mobilitätsbedürfnisse gewährleisten könnte.

Elektromobilität ist also zum heutigen Zeitpunkt an vielen Stellen noch nicht wirtschaftlich darstellbar. Positiv stimmt aber, dass die technologische Entwicklung stetig voranschreitet und bei den Rahmenbedingungen einige Stellhebel abgeleitet werden konnten, um auf dem Wege zur wirtschaftlich betreibbaren Elektromobilität voranzukommen.

Technische Erfolgsaussichten und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Aus technischer Sicht bestanden die Hauptaufgaben dieses Forschungsprojektes in der Analyse und Bewertung verschiedener Konzepte zur Förderung der Elektromobilität in Deutschland. Um diese und weitere technische Themen detaillierter zu untersuchen und auch zur Beibehaltung der im internationalen Maßstab vorhandenen Konkurrenzfähigkeit, beabsichtigt die Siemens AG die Fortsetzung der Arbeiten in einem Anschlussprojekt. Im Rahmen dieses Anschlussprojektes werden verschiedene Demonstratoren im öffentlichen Raum realisiert, um die Voraussetzungen für post-fossile Mobilität zu schaffen und voranzubringen. Die Ideen und Konzepte dieser Konzeptphase sollen nun durch reale Demonstratoren im Feld untersucht werden auf dem vorbereitenden Weg zu Produktentwicklungen, die ein weites Spektrum über Sensorik, Mobilitätsplattformen bis hin zu Dienstleistungen beinhalten kann.

Die Ergebnisse der Analyse seitens der TU Berlin bieten mehrere Anknüpfungspunkten für weiterführende wissenschaftliche Untersuchungen. Stärker in den Fokus sollten dabei die Nutzer multimodaler Angebote gerückt werden, insbesondere Nutzer ohne eigenes Auto. Die unterschiedlichen Haushaltsgrößen die für die

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	121/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

beiden Gruppen in der Sekundäranalyse festgestellt werden konnten, deuten darauf hin, dass ein Teil der Multimodalen ohne Auto z. B. bei Gründung einer Familie zur Gruppe der Laternenparker wechselt. Hier wäre es interessant zu identifizieren, mit welchen Maßnahmen heutige Multimodale ohne Auto auch weiterhin multimodal mobil bleiben können, ohne sich ein eigenes Auto anschaffen zu müssen – und dann möglicherweise langfristig ihre routinisierte Nutzung des Umweltverbundes verlernen.

Als ein wichtiger Teil des Erfahrungshintergrunds und damit wesentlicher Einflussfaktor für die Mobilitätskompetenz und das aktuelle Verkehrsverhalten sollte in weiteren Untersuchungen die Mobilitätssozialisation der Laternenparker und Multimodalen ohne Auto einbezogen werden.

Die Untersuchung hat gezeigt dass die Motive Urlaub und Ausflüge ein wesentlicher Grund für eine Beibehaltung des Autos sind, während deren innerstädtischer Mobilitätsbedarf oftmals multimodal abgedeckt wird. Entwicklungen von Angeboten, die innerstädtische Mobilitätskonzepte ohne eigenes Auto um eine stadregionale Perspektive erweitern, wären in der Lage, für diese Mobilitätsansprüche attraktive, alternative Verkehrsformen anzubieten.

Eine weitergehende Typisierung der Laternenparker, die eine Prädisposition zur Autoabschaffung haben, unter Berücksichtigung unterschiedlicher Stufen der Verhaltensänderung, könnte die Entwicklung zielgruppenspezifischer Maßnahmen der Verhaltensänderung und Entwicklung spezifischer Steuerungsmöglichkeiten unterstützen.

Eine Folgestudie könnte verkehrspolitische Maßnahmen wie die Weiterentwicklung des hier untersuchten Parkraummanagement sowie die Etablierung einer integrierten Mobilitätsplattform unterstützen und deren Wirksamkeit bewerten.

6.2 Geplante Veröffentlichungen

Die im Rahmen dieses Projektes gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse können und sollen seitens aller Projektpartner und sonstiger Beteiligter auf Konferenzen und Fachtagungen verwendet werden. Innerhalb dieser Konzeptstudie sind aktuell folgende Veröffentlichungen vorgesehen:

- **VDE-Kongress 2014 Smart Cities** im Oktober 2014 in Frankfurt
Beitrag 1: Komplexe Simulation mit dem Stadtsystemmodell am Beispiel Ladeinfrastruktur für Elektromobilität in Städten (Complex Simulation with the City System Model using the example of Charging Infrastructure for Urban Electro Mobility), Birgit Obst, Siemens AG, CT RTC AUC MST-DE, München, Deutschland, brigit.obst@siemens.com, Veronika Brandstetter, Siemens AG, CT RTC AUC MST-DE, München, Deutschland, veronika.brandstetter@siemens.com, Dr. Stefan Boschert, Siemens AG, CT RTC AUC MSP-DE, München, Deutschland, stefan.boschert@siemens.com, Dr. Leon Hempel, TU Berlin, Zentrum Technik und Gesellschaft, Berlin, Deutschland, hempel@ztg.tu-berlin.de, Thomas Becker, TU Berlin, Institut für Geodäsie und Geoinformationstechnik, Berlin, Deutschland, thomas.becker@tu-berlin.de
- **VDE-Kongress 2014 Smart Cities** im Oktober 2014 in Frankfurt
Beitrag 2: City2.e–Integration von Mobilitäts- und Energienetzlösungen am Beispiel Berlin-Prenzlauer Berg (City2.e-Integration of mobility and energy grid solutions for the urban quarter Berlin-Prenzlauer Berg), K. Häse, T. Jell, J. Wieghardt, M. Metzger, U. Hohenstein und P. Mogre, Siemens AG, Otto-Hahn-Ring 6, 81730 München, kerstin.haese@siemens.com
- **eCar-Tec-Kongress - Internationaler Kongress für Elektro- und Hybrid-Mobilität** vom 21.- 22. Oktober 2014 in München
 Beitrag: City2.e–Integration von Mobilitäts- und Energienetzlösungen am Beispiel Berlin-Prenzlauer Berg, K. Häse, T. Jell, J. Wieghardt, M. Metzger, U. Hohenstein und P. Mogre, Siemens AG, Otto-Hahn-Ring 6, 81730 München, kerstin.haese@siemens.com
- **Mobil.TUM 2014. International Scientific Conference on Mobility and Transport „Sustainable Mobility in Metropolitan Regions“** in München: Urban multimodal travel behaviour: towards mobility without a private car, Julia Schuppan, Technische Universität Berlin, Chair of Integrated Transport Planning, julia.schuppan@tu-berlin.de, Stefanie Kettner, Technische Universität Berlin, Chair of Integrated Transport Planning, stefanie.kettner@gmx.de, Aline Delatte, Technische Universität Berlin, Chair of Integrated Transport Planning, aline.delatte@gmail.com

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	122/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

- **Annual International Conference 2014 of the Royal Geographical Society “Geographies of co-production”** in London: Motives for Multimodal Travel Behaviour: A Way of Supporting Mobility Without a Private Car, Prof. Dr. Oliver Schwedes, Technische Universität Berlin, Chair of Integrated Transport Planning, oliver.schwedes@tu-berlin.de, Veronique Riedel, Technische Universität Berlin, Chair of Integrated Transport Planning, veronique.riedel@tu-berlin.de
- **European Transport Conference 2014** in Frankfurt M.: Urban multimodal travel behaviour: towards mobility without a private car, Prof. Dr. Oliver Schwedes, Technische Universität Berlin, Chair of Integrated Transport Planning, oliver.schwedes@tu-berlin.de, Veronique Riedel, Technische Universität Berlin, Chair of Integrated Transport Planning, veronique.riedel@tu-berlin.de
- **Publikation in der Fachzeitschrift “Internationales Verkehrswesen”**, Heft 3/2014: City 2e – Das Elektroauto in stark verdichteten Stadtquartieren, Prof. Dr. Oliver Schwedes, Technische Universität Berlin, Chair of Integrated Transport Planning, oliver.schwedes@tu-berlin.de, Veronique Riedel, Technische Universität Berlin, Chair of Integrated Transport Planning, veronique.riedel@tu-berlin.de
- **Teilbericht des Projekts City 2.e: Multimodale Mobilität ohne eigenes Auto im urbanen Raum.** Eine qualitative Studie in Berlin Prenzlauer Berg, www.ivp.tu-berlin.de

6.3 Angemeldete Schutzrechte und Erfindungen

Innerhalb dieser Konzeptstudie sind folgende Schutzrechte und Erfindungen angemeldet worden:

- Erfindungsmeldung „Automatische Generierung von Parkraum- und Ladesäulen-Auslastungsprofilen in einem Stadtgebiet“, eingereicht am 07.02.2014, ID 10674, Einreicher: Siemens AG (CT RTC AUC MST)

Darüber hinaus werden im Rahmen eines direkt darauf aufbauenden Folgeprojektes, bei dem ein Demonstratorsystem im Feld realisiert werden soll, möglicherweise weitere Schutzrechte und Erfindungen angemeldet.

7 Ausblick

Elektrofahrzeuge fahren nicht nur emissionsarm, sie lassen sich auch perfekt in ein intelligentes Stromnetz, ein sogenanntes Smart Grid, einbinden. Hier sind sie nicht nur Verbraucher, sondern in Zeiten hoher Stromerzeugung durch erneuerbare Energien – zum Beispiel bei hohen Windstärken – auch mobile Stromspeicher. Ist der Stromverbrauch dagegen hoch (Spitzenlasten), können Elektro- und Hybridautos den Strom ins Netz zurückspeisen. So entfalten Elektromobilitätslösungen im Zusammenspiel mit erneuerbaren Energien ihr ganzes Potenzial für den Klimaschutz. Das alles ist keine Zukunftsmusik, sondern wird in Pilotprojekten bereits unter realen Bedingungen getestet.

Die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) übergab am 16. Mai 2011 ihren zweiten Bericht an die Bundeskanzlerin im Bundeskanzleramt in Berlin. Am selben Tag diskutierte der Siemens Vorstandsvorsitzende Peter Löscher die nächsten Schritte auf dem Weg zur neuen Mobilität gemeinsam mit anderen CEOs und Bundeskanzlerin Angela Merkel. Am 1. Oktober 2012 fand mit der Bundeskanzlerin ein weiteres Spitzengespräch zum Thema Elektromobilität statt. Bis 2020 soll Deutschland zum Leitanbieter und Leitmarkt für Elektromobilität mit mindestens einer Million Elektrofahrzeuge werden.

Um diese Vision Realität werden zu lassen, sind noch viele Schritte auf diesem Wege zu gehen. Das Vorhaben City2.e ist dabei ein Baustein von vielen, die zusammen genommen ein Bild für eine elektromobile Zukunft abzeichnen lassen. Verschwiegen werden sollte aber nicht, dass heute noch kein letz gültiges schlüssiges Konzept für diese Zukunft existiert, insbesondere unter Wirtschaftlichkeitsaspekten betrachtet. Entsprechend viele Anstrengungen und Herausforderungen sind so noch zu meistern, um die einzelnen Ergebnisse und Erkenntnisse zusammenzuführen und am Ende gewinnbringend für alle Beteiligten nutzen zu können.

Es wird empfohlen, die Bemühungen um diese elektromobile Zukunft im Rahmen der Energie- und Verkehrswende der Bundesrepublik Deutschland, beizubehalten und sogar zu intensivieren, um die Chancen und Potenziale dieser Vision Wirklichkeit werden zu lassen. Wenn der Weg zur Umsetzung

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	123/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

konsequent weiter gegangen wird, sind die Aussichten für eine nachhaltige und umweltfreundliche Mobilität als sehr positiv zu betrachten!

8 Anhang

8.1 Autorenliste

Dieser Abschlussbericht ist eine Gemeinschaftsarbeit der nachfolgenden Institutionen, Firmen und deren entsprechende Mitarbeiter. Folgende Institutionen, Firmen und Autoren haben, in alphabetischer Reihenfolge, mitgewirkt:

AS&P - Albert Speer & Partner GmbH - Architekten, Planer

- Dinter, Michael / AS&P - Albert Speer & Partner GmbH, Frankfurt

Kapitel: 4.1

Siemens Aktiengesellschaft

- Gerlich, Matthias / Siemens AG, München
- Dr. Häse, Kerstin / Siemens AG, München
- Hohenstein, Uwe / Siemens AG, München
- Jäger, Florian / Siemens AG, Berlin
- Jell, Thomas / Siemens AG, München
- Metzger, Michael / Siemens AG, München
- Dr. Mogre, Parag / Siemens AG, München
- Obst, Birgit / Siemens AG, München
- Reuter, Uwe / Gesamtprojektleiter, Siemens AG, Berlin
- Wieghardt, Jan / Siemens AG, München

Kapitel: 1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.2.6, 3.3, 3.4, 4.3, 4.4, 4.6, 4.8, 5, 6, 7, 8

IKEM - Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität / Universität Greifswald

- Braun, Stephan / IKEM, Universität Greifswald, Greifswald
- Cacilo, Andrej / IKEM, Berlin
- Hartwig, Matthias / IKEM, Berlin
- Münzing, Heike / IKEM, Berlin
- Reinhardt, Alexander / IKEM, Berlin

Kapitel: 2.4, 3.2.4, 3.2.5, 4.5, 4.7, 9.1

Technische Universität Berlin, Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung

- Prof. Dr. Ahrend, Christine / Technische Universität Berlin, Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung, Berlin
- Delatte, Aline / Technische Universität Berlin, Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung, Berlin
- Kettner, Stefanie / Technische Universität Berlin, Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung, Berlin
- Eckart Schenk/ Technische Universität Berlin, Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung, Berlin
- Julia Schuppan/ Technische Universität Berlin, Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung, Berlin

Kapitel: 2.1, 3.2.7, 4.2, 9.2

8.2 Abkürzungen

Begriff

Erläuterung

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	124/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

Begriff	Erläuterung
AP / WP	Arbeitspaket / Work Package
BMU / BMUB	Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BVG	Berliner Verkehrsbetriebe
CieMP	City2.e-Mobilitätsplattform
CT	Siemens Corporate Technology (zentraler Forschungs- und Entwicklungsbereich)
LP	Laternenparker
MiD 2008	Mobilität in Deutschland 2008
MoA	Multimodale ohne Auto
MIV	Motorisierter Individualverkehr
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	öffentlicher Verkehr
SrV 2008	System repräsentativer Verkehrsbefragungen 2008
StEP Verkehr	Stadtentwicklungsplan Verkehr
UV	Umweltverbund
TUB - IVP	Technische Universität Berlin - Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung
V2G	Vehicle to Grid

8.3 Quellen-/Literaturverzeichnisse

Quellen AP Nutzungskonzept und Akzeptanzanalysen

- Aarts, Verplanken, Van Knippenberg 1997: Habit and information use in travel mode choices. In: Acta Psychologica, 96, 1-14.
- Ahrend et al. 2011: Verbundprojekt „IKT-basierte Integration der Elektromobilität in die Netzsysteme der Zukunft“. Online verfügbar unter http://www.ivp.tu-berlin.de/fileadmin/fg93/Forschung/Projekte/e-mobility/Abschlussbericht_e-mobility_TU_Berlin__2_.pdf .
- Ahrend et al. 2013: Kleiner Begriffskanon der Mobilitätsforschung. IVP-Discussion Paper. 2013 (1)
- Bamberg 2013: Applying the stage model of self-regulated behavioral change in a car use reduction intervention. In: Journal of Environmental Psychology (33), S. 68-75.
- BVG – Berliner Verkehrsbetriebe (Hrsg.) 2014: Stadtplan. Online verfügbar unter <http://www.fahrinfo-berlin.de/Fahrinfo/bin/query.bin/dn?ujm=1> .
- Dohnke et al. 2008: Monitoring Soziale Stadtentwicklung Berlin 2008. Online verfügbar unter http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/basisdaten_stadtentwicklung/monitoring/download/2008/EndberichtMoni2008pdf.pdf .
- Festinger 1957: A Theory of Cognitive Dissonance. Stanford. Verlag Row, Peterson and Company.
- Flade 2013: Der rastlose Mensch. Konzepte und Erkenntnisse der Mobilitätspsychologie. Springer Verlag.
- Fraunhofer IAO/PWC 2010: Elektromobilität. Herausforderungen für Industrie und öffentliche Hand. Stuttgart. Online verfügbar unter <http://wiki.iao.fraunhofer.de/images/studien/elektromobilitaet-herausforderungen-fuer-industrie-und-oeffentliche-hand.pdf>.
- Harms 2003: Besitzen oder Teilen – Sozialwissenschaftliche Analyse des Carsharings. Zürich. Verlag Rüegger.
- Harris, Houston 2010: Recklessness in context. Individual and situational correlates to aggressive driving. Environment and Behavior 42, 44-46.
- Kuckartz 2010: Einführung in die computergestützte Analyse qualitativer Daten. Wiesbaden. Verlag für Sozialwissenschaften.
- Nobis 2007: Multimodality: Facets and Causes of sustainable Mobility Behavior. German Aerospace Center – Institute of Transport Research. Online verfügbar unter: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=20171483> .
- Papendick et al. 2011: Nutzerverhalten beim Laden von Elektrofahrzeugen. Forschung und Innovation: 10. Magdeburger Maschinenbau-Tage, 27.-29. September 2011. Magdeburg. Online verfügbar unter <http://www.iaf->

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	125/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

- ag.ovgu.de/initiafag_media/downloads/publikationen/Nutzerverhalten+beim+Laden+von+Elektrofahrzeug en.pdf.
- Schlag und Schade 2007: Psychologie des Mobilitätsverhaltens. In: Aus Politik und Zeitgeschichte 2007 (29-30/2007), S. 27–32.
- Schwedes 2014: Öffentliche Mobilität – Perspektiven für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung. Wiesbaden, Springer Verlag.
- Sloman und Jones 2003: Encouraging behavioural change through marketing and management: What can be achieved?: Paper presented at the 10 th International Conference on Travel Behaviour Research. Online verfügbar unter http://www.ivt.ethz.ch/news/archive/20030810_IATBR/jones.pdf .
- SrV 2008: TU Dresden VIP (Hrsg.): Mobilität in Städten. Mobilitätssteckbrief für Berlin, werktags.
- SteP Verkehr Berlin - Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Stadtentwicklungsplan Verkehr Berlin (Hrsg.) 2011. Berlin. Online verfügbar unter http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/politik_planung/step_verkehr/download/Stadtentwicklungsplan_Verkehr_Berlin_gesamt.pdf .
- Statistikamt Berlin-Brandenburg (Hrsg.) 2011: Statistischer Bericht A I 5 – hj 2 / 11. Einwohnerinnen und Einwohner im Land Berlin am 31. Dezember 2011.
- Tully et al. 2006: Mobiler Alltag. Mobilität zwischen Option und Zwang - vom Zusammenspiel biographischer Motive und sozialer Vorgaben. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.

Quellen AP Rechtliche Rahmenbedingungen

- Boesche, K. et al. (2013): Berliner Handbuch zur Elektromobilität. München: C.H. Beck Verlag.
- De Wyl, C./ Ringwald, R./ Lange, S. (2012): Der rechtssichere Aufbau einer Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum. In: InfrastrukturRecht 2012, 9. Jg., Nr. 11, S. 280-286.
- Feller, D./ de Wyl, C./ Missling, S. (2010): Ladestationen für Elektromobilität – regulierter Netzbereich oder Wettbewerb? In: Zeitschrift für Neues Energierecht, 14. Jg., Heft 3, S. 240-246.
- Gauggel, S. (2011): Öffentliche Ladeinfrastruktur für Elektromobile - Kommunale Handlungsmöglichkeiten, In: InfrastrukturRecht, 8. Jg., Heft 11, S. 252-257.
- Hartwig, M. (2013a): Öffentliche Ladestationen als Teil des Elektrizitätsversorgungsnetzes der allgemeinen Versorgung – Teil 1. In: Zeitschrift für Neues Energierecht, Heft 4, S. 356-363.
- Hartwig, M. (2013b): Öffentliche Ladestationen als Teil des Elektrizitätsversorgungsnetzes der allgemeinen Versorgung – Teil 2. In: Zeitschrift für Neues Energierecht, Heft 5, S. 475-482.
- Keil, E./ Schmelzer, K. (2010): Systemintegration von Elektromobilität, Herausforderung an das Energiewirtschaftsrecht, eine Standortbestimmung – Teil 1. In: Zeitschrift für Neues Energierecht, 14. Jg., Heft 5, S. 461-467.
- Mayer, C./ Warnecke, T. (2013): Rechtsfragen individueller Elektromobilität im Straßenverkehr. In: Kommunaljurist, Heft 10, S. 361-367.
- Meister, S. (2010): Erfolgskonzepte für die Ladeinfrastruktur. In: Mobility 2.0, Nr. 01.2010, S. 26-29.
- Pallas, F./ Raabe, O./ Weis, E. (2010): Beweis- und eichrechtliche Aspekte der Elektromobilität. In: Computer und Recht 2010, Heft 6, S. 404-410.
- PTB – Physikalisch-Technische Bundesanstalt (2011): Eichrechtliche Grundlagen im Bereich der Elektromobilität. Online: http://www.dam-germany.de/fachinformation/AGME_Infoblatt_Elektromobilitaet.pdf; letzter Zugriff: 15.01.2014.
- Raabe, O./ Lorenz, M./ Pallas, F./ Weis, E. (2011): Datenschutz im Smart Grid und in der Elektromobilität. Technical Report. Karlsruher Institut für Technologie. Online: <http://compliance.zar.kit.edu/downloads/Raabe-Lorenz-Pallas-Weis-Datenschutz-Smart-Grids-eMobility.pdf>; letzter Zugriff: 20.01.2014.
- V. Hammerstein, C./ v. Hoff, S. (2011): Neue Infrastrukturkonzepte für Elektromobilität. In: Zeitschrift für Neues Energierecht, 15. Jg., Nr. 3, S. 259-264.
- V. Hoff, S. (2009): Zugangsanspruch zu Elektromobilitätstankstellen. In: Zeitschrift für Neues Energierecht. 13. Jg. Nr. 4. S. 341-345.

Quellen AP Geschäftsmodelle

- Ahrend, C. et al. (2011): Verbundprojekt: IKT-basierte Integration der Elektromobilität in die Netzsysteme der Zukunft. Teilvorhaben Nutzerverhalten und Raumplanung. Regionale Infrastruktur. Online: http://www.ivp.tu-berlin.de/fileadmin/fg93/Mitarbeiterbilder/2011.09_Schlussbericht_Nutzerverhalten_und_Raumplanung_Regionale_Infrastruktur.pdf; letzter Zugriff; 27.04.2013.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	126/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

- Ahrens, G.-A. (2008): Mobilität in Städten – SrV 2008. Auswertung für Berlin. Online: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/politik_planung/zahlen_fakten/download/4_SrV_berlin_werktag_aussen.pdf, letzter Zugriff: 23.01.2013.
- Bartsoen, L. (2011): Market Models for the Roll-Out of Electric Vehicle Public Charging Infrastructure. Präsentation. Online: http://economie.fgov.be/fr/binaries/eurelectric_tcm326-111920.pdf; letzter Zugriff: 30.04.2013.
- Beckers, T. et al. (2011): Elektromobilität und Infrastruktur: Ökonomische Analyse von Organisations- und Betreibermodellen, Aufbau- und Finanzierungsstrategien sowie Regulierungsfragen. Abschlussbericht.
- Boltze, M. (2004): Intelligent Parken in der Stadt der Zukunft. In: Verkehrsbauten Schwerpunkt Parkhäuser. 1. Kolloquium 27. und 28. Januar 2004 in Ostfildern, S.5-14.
- Boltze, M./ Schäfer, P. (2005): Alternative Methoden zur Überwachung der Parkdauer sowie zur Zahlung der Parkgebühren. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch-Gladbach: Wirtschaftsverlag NW.
- Clement-Nyns, K./ Haesen, E./ Driesen, J. (2011): The impact of vehicle-to-grid on the distribution grid. In: Electric Power Systems Research, 81 (2011), S. 185–192.
- Döring, T. (2012): Hat die Elektromobilität eine Zukunft? In: Wirtschaftsdienst 8 (2012), S. 563-571.
- EURELECTRIC (2010): Market Models for the Roll-Out of Electric Vehicle Public Charging Infrastructure.
- Fest, C. /Franz, O./ Haas, G. (2010). Energiewirtschaftliche und energierechtliche Fragen der Elektromobilität – Teil 1. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 60. Jg., Nr. 4 (2010), S. 93-97.
- Fournier, G. et al. (2012): Der Weg zur emissionsfreien Mobilität. Strategien der Hersteller im internationalen Vergleich. In: Proff, H. et al. (Hrsg.): Zukünftige Entwicklungen in der Mobilität. Heidelberg, Berlin: Springer, S. 405-422.
- Franke, E. (2012): Euroforum Konferenz 2012. Regelenergiemarkt Strom 2012. Workshop Markt- und Regulierungsdesign, Preisbildung & Vermarktung, Berlin, 11.07.2012.
- Franz, O./ Fest, C. (2013): Mögliche Markt- und Regulierungsmodelle für (öffentliche) Ladeinfrastrukturen. In: Boesche, K. V. et al. (Hrsg.): Berliner Handbuch zur Elektromobilität. München, S. 149-182.
- Fraunhofer IAO/ Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2010a): Strukturstudie BWe mobil. Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität. Stuttgart. Online: <http://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/images/downloadbereich/300/strukturstudie-bwe-mobil.pdf>; letzter Zugriff: 13.02.2013.
- Fraunhofer IAO/ Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2010b): Systemanalyse BWe mobil. IKT- und Energieinfrastruktur für innovative Mobilitätslösungen in Baden-Württemberg. Online: <http://wiki.iao.fraunhofer.de/images/studien/systemanalyse-bwe-mobil.pdf>; letzter Zugriff 18.02.2013.
- Fraunhofer IWES/ IKEM (2013): Wissenschaftliche Unterstützung bei der Erstellung von fahrzeugbezogenen Analysen zur Netzintegration von Elektrofahrzeugen unter Nutzung erneuerbarer Energien. Endbericht zum Vorhaben FKZ UM 11 96 107. Unveröffentlicht.
- Gnilka, A./ Meyer-Spasche, J. (2010): Umsetzung der Marktprozesse für Elektromobilität: Grundlagenpapier zu Marktmodellen, Prozessen und IT-Anforderungen rund um die Ladeinfrastruktur. LBD Grundlagenpapier.
- Greene, D. L. (1997): Survey evidence on the importance of fuel availability to choice of alternative fuels and vehicles. Prepared by the OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY. Online: http://ntl.bts.gov/data/letter_nz/survey.pdf; letzter Zugriff: 09.04.2013.
- Grollmisch, C. (2011): Regelenergie und Power to Gas Systemstabilisierung im deutschen Stromübertragungsnetz durch Nachfragesteuerung und Bewertung der wirtschaftlichen Effekte am Beispiel einer Methanerzeugungsanlage. Diplomarbeit. Online: www.praktikumspark.hszigr.de/download/Vortrag-ConradGrollmisch-20111018.pdf, letzter Zugriff: 10.6.2012.
- Heinrichs, E. / Janus, P. (2010): Wirtschaftliches Parkraummanagement. Ergebnisbericht zum Arbeitspaket 7 im Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „ParkenBerlin“. In: Lehm Brock et al. (Hrsg.): Einfaches und wirtschaftliches Parkraummanagement. Eine Fallstudie in Berlin. Difu Impulse Band 2/2010, S. 85-142.
- Idris, M. Y. I. et al. (2009): Car Park System: A Review of Smart Parking System and its Technology. In: Information Technology Journal, 8 (2), S. 101-113.
- Kleine-Möllhoff et al. (2012): Infrastrukturelle Aspekte der Elektromobilität von morgen. In: Rennack, C./ Nufer, G. (Hrsg.) Reutlinger Diskussionsbeiträge zu Marketing und Management. Nr. 2012-7. Online: http://www.esb-business-school.de/fileadmin/_research/dokumente/Diskussionsbeitraege/2012-07-RT-

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	127/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

- Diskussionsbeitraege-Infrastrukturelle_Aspekte_der_Elektromobilitaet_von_morgen.pdf; letzter Zugriff: 18.02.2013.
- Lehmbrock, M./ Steffens, P. (2010): Einfach Parken. Ergebnisbericht zum Arbeitspaket 5 im Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „ParkenBerlin“. In: Lehmbrock et al. (Hrsg.): Einfaches und wirtschaftliches Parkraummanagement. Eine Fallstudie in Berlin. Difu Impulse Band 2/2010, S. 143-206.
- Leipziger Institut für Energie GmbH (2012): Entwicklung der Preise für Strom und Erdgas in Baden-Württemberg bis 2020. Online: http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/94962/IE_Leipzig_2012_-_Energiepreise_BW.pdf; letzter Zugriff: 05.03.2013.
- Lorkowski, J. (2013): Öffentliche Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge – Kritischer Erfolgsfaktor oder überflüssiges Beiwerk? In: Boesche, K. V. et al. (Hrsg.): Berliner Handbuch zur Elektromobilität. München, S. 115-135.
- Matthies, G./ Stricker, K/ Traenckner, J. (2010): Zum E-Auto gibt es keine Alternative. Bain & Company. Online: http://www.e-connected.at/userfiles/Bain%20Brief_Zum%20E-Auto%20gibt%20es%20keine%20Alternative_2010_Final.pdf; letzter Zugriff: 24.01.2013.
- NPE - Nationale Plattform Elektromobilität (2011): Zweiter Zwischenbericht. Online: http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bericht_emob_2.pdf; letzter Zugriff: 28.12.2013.
- NPE (Nationale Plattform Elektromobilität), 2010, Zwischenbericht der Arbeitsgruppe 3: Ladeinfrastruktur und Netzintegration, Link: http://www.bmbf.de/pubRD/agdrei_lade_infrastruktur_netzintegration.pdf; letzter Zugriff; 12.01.2013.
- Piskernik, L. (2011): E-Mobility in Kombination mit der Eisenbahn als ein Baustein einer nachhaltigen Mobilität? TU Wien. Online: http://eeg.tuwien.ac.at/eeg.tuwien.ac.at_pages/events/iewt/iewt2011/uploads/abstracts_iewt2011/A_236_Ludwig_Piskernik_13-Jan-2011,_10-17.pdf; letzter Zugriff: 28.04.2013.
- Rodier, C. J./ Shaheen S. A. (2010): Transit-based smart parking: An evaluation of the San Francisco Bay area field test. In: Transportation Research Part C, 18 (2010), S. 225-233.
- Shoup, D. (2007): Cruising for Parking. Online: <http://shoup.bol.ucla.edu/CruisingForParkingAccess.pdf>; letzter Zugriff: 11.11.2013.
- Shoup, D. (2006): Cruising for Parking. In: Transport Policy 13 (2006), S. 479-486.
- Schröder, A./ Traber, T. (2012): The economics of fast charging infrastructure for electric vehicles. In: Energy Policy, Nr. 43 (2012), S. 136-144.
- Schröder, A./ Wiesner, C. (2011): Der Aufbau und Betrieb von öffentlicher Schnellladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge unter wirtschaftlicher Betrachtung. In: InfrastrukturRecht Energie, Verkehr, Abfall, Wasser, 8. Jg., Nr. 11, S. 257-262.
- SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2011): Wege zur 100 % Erneuerbaren Stromversorgung. Sondergutachten. Online: http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2011_07_SG_Wege_zur_100_Prozent_erneuerbaren_Stromversorgung.pdf; letzter Zugriff: 22.03.2013.
- Vidal, N. et al. (2011): Grid for Vehicles. Work Package 5: Analysis of grid infrastructure. D5.2 Requirements for the infrastructure based on the defined model. Online: http://www.g4v.eu/datas/reports/G4V_WP5_D5_2_requirements_for_infrastructure.pdf; letzter Zugriff: 15.02.2013.
- Wiederer, A./ Philip, R. (2010): Policy Options for electric vehicle charging infrastructure in C40 cities. Online: http://www.emic-bg.org/files/files/6.C40_CHARGINGINFRASTRUCTURE.pdf; letzter Zugriff: 18.02.2013.
- Yeh, S. (2007): An empirical analysis on the adoption of alternative fuel vehicles: The case of natural gas vehicles. In: Energy Policy, Nr. 35 (2007), S. 5865–5875.

Quellen AP Modellierung und Visualisierung

- Fischer 2011 Fischer, N. (2011): Warum Ladesäulen auf lange Zeit kein ertragreiches Geschäft sein werden. verfügbar online auf <http://www.emobility-web.de/Assets/Uploaded-CMS-Files/Warum%20Lades%20a%20ulen%20auf%20sehr%20lange%20Zeit%20kein%20ertragreiches%20Gesch%20a%20ft%20sein%20werden-5843977a-0092-441e-a470-c4ec2814084f.pdf> zuletzt besucht 01.10.2013

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	128/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

LK Argus 2011 LK Argus GmbH, „Machbarkeitsstudie und Wirkungsanalyse zur Parkraumbewirtschaftung Prenzlauer Berg“, November 2011, LK ARUGUS_2011_machbarkeitsstudie__parkraumbewirtschaftung_nov_11_.pdf

Physorg 2013 Physorg (2013): Tesla S electric car tops registrations in Norway. 03.10.2013. verfügbar online auf <http://phys.org/news/2013-10-tesla-electric-car-tops-registrations.html> zuletzt besucht 10.10.2013

SrV 2008 Prof. Dr. Gerd-Axel Ahrens, Sonderauswertung zur Verkehrserhebung „Mobilität in Städten – SrV 2008“, November 2009, Staedtevergleich_SrV2008.pdf

9 Anlagen

9.1 Anlage IKEM zu Arbeitspaket Geschäftsmodelle

Tabelle 8: Abschätzung der Kosten in ct/kWh für die Rückspeisung

V2G	Einheit	2012	2020	2030
Annahmen Fahrzeug und Batterienutzung				
BEV B-Segment (Kleinwagen): Nutzbare Batteriekapazität	kWh	14,00	16,80	20,16
Jahresfahrleistung	km	12.500	12.500	12.500
Mittlere Tagesfahrstrecke	km	34	34	34
BEV B-Segment (Kleinwagen) Verbrauch	kWh/km	0,13	0,12	0,11
Täglicher Verbrauch	kWh	4,57	4,11	3,70
Nutzbare Batteriekapazität	kWh	14,00	16,80	20,16
Verbrauchte Zyklen pro Jahr	#	119	89	67
Batteriekosten (Neuinvestition)	€	10.000	6.000	2.880
Zyklen bis 80 % der zyklischen Lebensdauer ²⁴¹	#	2.000	4.000	5.000
Angesetzte Nutzungsdauer	Jahre	10	10	10
Zyklen zu Grenzkosten von 0 pro Jahr ²⁴²	#	64	298	423
Zykluskosten je Zyklus	€	5,00	1,50	0,58
Zykluskosten	€	0,36	0,09	0,03
Kapital- und Betriebskosten Aggregator				
Betriebskosten des Aggregators	€/kWh	0,01	0,01	0,01
Steuern und Abgaben Strompreis				
Konzessionsabgabe	ct/kWh	1,79	1,79	1,79
Steuern und Abgaben inklusive Mehrwertsteuer	ct/kWh	15,65	15,96	14,71
Vermiedene Stromkosten²⁴³				
Durchschnittliche maximale Spreads untertäglich (Schätzung) ²⁴⁴	ct	4	4	4
1 - Grenzkosten zu 0 /volle Steuern+ Abgaben / LIS 10 Cent ²⁴⁵	ct/kWh	27,44	27,75	26,50
2 - weitere Zyklen /volle Steuern + Abgaben / LIS 10 Cent	ct/kWh	63,15	36,68	29,36
3 - Grenzkosten zu 0 /volle Steuern + Abgaben / keine LIS-Vergütung	ct/kWh	15,65	15,96	14,71
4 - weitere Zyklen / volle Steuern + Abgaben / keine LIS-Vergütung	ct/kWh	51,36	24,89	17,57
5 - Grenzkosten zu 0 / Politische Förderung / LIS 10 Cent	ct/kWh	11,79	11,79	11,79
6 - weitere Zyklen / Politische Förderung / LIS-10 Cent	ct/kWh	37,50	10,72	4,65
7 - Grenzkosten zu 0 / Politische Förderung / keine LIS-Vergütung	ct/kWh	1,79	1,79	1,79
8 - weitere Zyklen / Politische Förderung / keine LIS-Vergütung	ct/kWh	37,50	10,72	4,65

Tabelle 9: Abschätzung der Erlösmöglichkeiten für negative Minutenreserve 24 h

²⁴¹ Batterie-Vollzyklen: Im Jahr 2013 verfügt eine Lithium-Ionen-Batterie über ca. 2.000 Zyklen. Bis 2020 wird mit einer Erhöhung auf 4.000 Zyklen, bis 2030 auf 5.000 Zyklen gerechnet. Im Allgemeinen gilt die Lebensdauer der Batterie als beendet, wenn die verfügbare Kapazität um 20 Prozent abgenommen hat. Vgl. dazu Fraunhofer IWES/ IKEM (2013), S. 227 ff.

²⁴² Zykluskosten der Batterie: Die Differenz der maximalen Zykluszahl und der für die Befriedigung der Mobilitätsbedürfnisse benötigten Zykluszahl kann mit Grenzkosten von 0 in die Berechnung einfließen. Darüber hinausgehende Zyklen werden durch Zykluskosten aufgrund der Degradation der Batterie belastet.

²⁴³ Unter politischer Förderung wird verstanden, dass für den zur Rückspeisung geladenen Strom lediglich die Konzessionsabgabe zu entrichten ist und alle weiteren Steuern und Abgaben entfallen. Des Weiteren wurde zwischen den Zyklen, die nicht für den Mobilitätsbedarf benötigt werden und daher keine Zykluskosten verursachen und weiteren Zyklen zu entsprechenden Zykluskosten unterschieden.

²⁴⁴ Vgl. hierzu SRU (2011), S. 287.

²⁴⁵ Die Nutzungsgebühr für den Ladeinfrastrukturbetreiber wurde mit 10 ct/kWh angenommen.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	129/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

Negative Minutenreserve 24 h (alle Zeitscheiben)	Einheit	Wert
Annahmen		
Theoretisch benötigte Fahrzeuge für 5 MW Leistung	Fahrzeuge	454
Arbeitsreservevorhaltung 24 h	kWh	120.000
Arbeitsreserve pro Fahrzeug bei SOC 50%	kWh	8,4
Verfügbarkeit der Fahrzeuge ²⁴⁶	%	50
Benötigte Fahrzeuge für 5 MW	Fahrzeuge	28.571
Erlöse Leistung		
Zuschlagswahrscheinlichkeit	%	80
Leistungspreis ^{247 248}	€/MWh	20.000
Leistungspreis pro Fahrzeug	€/a	3,5
Erlöse Arbeit		
Abrufwahrscheinlichkeit ²⁴⁹	%	4,7
Durchschnittlicher Arbeitspreis ²⁵⁰	ct/kWh	13,25
Gesamte theoretische abrufbare Energie	MWh/a	35.040
Tatsächliche abgerufene Energie	MWh/a	1.647
Erlöse Pool	€/a	218.212
Erlöse pro Fahrzeug	€/a	7,64
Vermiedene Stromkosten		
Beschaffungspreis Strom	ct/kWh	6,70
Vermiedene Stromkosten pro Fahrzeug	€/a	3,98
Ergebnis		
Kosten Pool-Koordinator pro Fahrzeug	€/a	15
Gesamtergebnis pro Fahrzeug	€/a	0,11

Tabelle 10: Abschätzung der Erlösmöglichkeiten für negative Minutenreserve 0 bis 4 Uhr

Negative Minutenreserve 0 - 4 Uhr	Einheit	Wert
Annahmen		
Theoretisch benötigte Fahrzeuge für 5 MW Leistung	Fahrzeuge	454
Arbeitsreservevorhaltung 4 h	kWh	20.000
Arbeitsreserve pro Fahrzeug bei SOC 50%	kWh	8,4
Verfügbarkeit der Fahrzeuge	%	100
Maximal benötigte Fahrzeuge für 5 MW	Fahrzeuge	2.381
Erlöse Leistung		
Zuschlagswahrscheinlichkeit	%	80
Leistungspreis	€/MWh	8.417
Erlöse Pool	€/a	33.668
Erlöse aus Leistungspreis pro Fahrzeug maximal	€/a	74,16
Erlöse aus Leistungspreis pro Fahrzeug minimal	€/a	14,14
Erlöse Arbeit		
Abrufwahrscheinlichkeit ²⁵¹	%	4,7
Durchschnittlicher Arbeitspreis ²⁵²	ct/kWh	13,25
Tatsächliche abgerufene Energie	MWh	274,48
Erlöse Pool	€/a	36.368,60

²⁴⁶ Die durchschnittliche Anschlusszeit am Netz beträgt pro Tag 720 min. Vgl. MeRegio-Mobil Projektkonsortium (2011): Der Wert ist im Vergleich zu anderen Forschungsergebnissen relativ hoch. Es ist anzunehmen, dass die Vorselektion der Friendly- User sowie der Beobachtungseffekt den vergleichsweise höheren Wert verursacht haben. Das Nutzerverhalten, insbesondere die Bereitschaft ohne mobilitätsbedingten Ladebedarf „am Netz“ zu sein, ist nicht unabhängig von der Ladetechnologie, dem Komfort und der Verfügbarkeit von Ladepunkten. Es ist anzunehmen, dass ein Mobile Metering-System mit ubiquitärem Zugang zu Ladestellen, in Verbindung mit wirtschaftlichen Anreizen die Bereitschaft am Netz zu sein deutlich erhöht.

²⁴⁷ Ermittelte Durchschnittspreise einer Analyse des Regelleistungseinsatzes im Untersuchungszeitraum März 2010 bis Februar 2011. Vgl. Grollmisch (2011).

²⁴⁸ Die Zuschlagswahrscheinlichkeit ist in den Erlös eingerechnet.

²⁴⁹ Vgl. Franke (2012).

²⁵⁰ Vgl. Grollmisch (2011): Ermittelte Durchschnittspreise einer Analyse des Regelleistungseinsatzes von März 2010 bis Februar 2011.

²⁵¹ Da keine Werte für einzelne Zeitscheiben vorlagen, wurde hier der Durchschnittswert für negative MRL angesetzt.

²⁵² Da keine Werte für einzelne Zeitscheiben vorlagen, wurde hier der Durchschnittswert für negative MRL angesetzt.

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	130/ 136
--	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

Negative Minutenreserve 0 - 4 Uhr	Einheit	Wert
Erlöse Arbeit pro Fahrzeug minimal	€/a	15,27
Erlöse Arbeit pro Fahrzeug maximal	€/a	80,11
Vermiedene Stromkosten		
Beschaffungspreis Strom	ct/kWh	6,70
Vermiedene Stromkosten pro Fahrzeug minimal	€/a	7,72
Vermiedene Stromkosten pro Fahrzeug maximal	€/a	40,48
Ergebnis		
Kosten Pool-Koordinator pro Fahrzeug	€/a	15,00
Gesamtergebnis pro Fahrzeug minimal	€/a	22,13
Gesamtergebnis pro Fahrzeug maximal	€/a	179,74

9.2 Anlage TUB zu Arbeitspaket Nutzungskonzept und Akzeptanzanalysen

9.2.1 Anlage TUB 1: Übersicht der verschiedenen Formen des privaten Autoteilens

Tabelle 11: Übersicht der verschiedenen Formen des privaten Autoteilens

Autoteilen	Autoleihe	Fahrgemeinschaften
<ul style="list-style-type: none"> organisiert und strukturiert meist in der Nachbarschaft oder mit engen Familienangehörigen <p>„Die Versicherung läuft über unseren Nachbarn, weil der schon länger Auto fährt und es billiger ist, es über ihn zu machen. Und wir sind aber in der Versicherung eingetragen. [...] Jeder hat einen Schlüssel und wenn der eine das Auto braucht, dann ruft er den anderen an und sagt irgendwie: Kann ich es nehmen? Oder wenn ein Wochenende schon klar ist, dann ...“</p> <p>Interview 51, Absatz 38</p>	<ul style="list-style-type: none"> eher unstrukturiert und spontan nach Bedarf meist von Freunden oder Familienangehörigen <p>„Eine Freundin von mir hatte z. B. neulich einen Umzug gemacht, und dann kann ich halt eben sagen von wegen: Ja, ich borge mir mal das Auto von meinem Papa. Und dann kann ich dann halt eben den Umzug halt so ein bisschen mit dem Auto auch ein bisschen managen, ja. Und deshalb hab ich halt eben auch den Führerschein.“</p> <p>Interview 58, Absatz 166</p>	<ul style="list-style-type: none"> (lose) Organisation meist mit Kollegen auf dem Arbeitsweg oder mit Freunden für Freizeitaktivitäten <p>„Wir waren am Wochenende in [Ort außerhalb Berlins] [...] Ich bin ja gar nicht selber gefahren, sondern ich bin mit den Öffentlichen hin, und mit dem Auto sind wir dann alle zusammen zurück. Da haben wir uns dann kollektiv zusammengetan. (lacht)“</p> <p>Interview 22, Absatz 28</p>

9.2.2 Anlage TUB 2: Verkehrsmittelsteckbrief aus Nutzersicht

Tabelle 12: Verkehrsmittelsteckbrief aus Nutzersicht

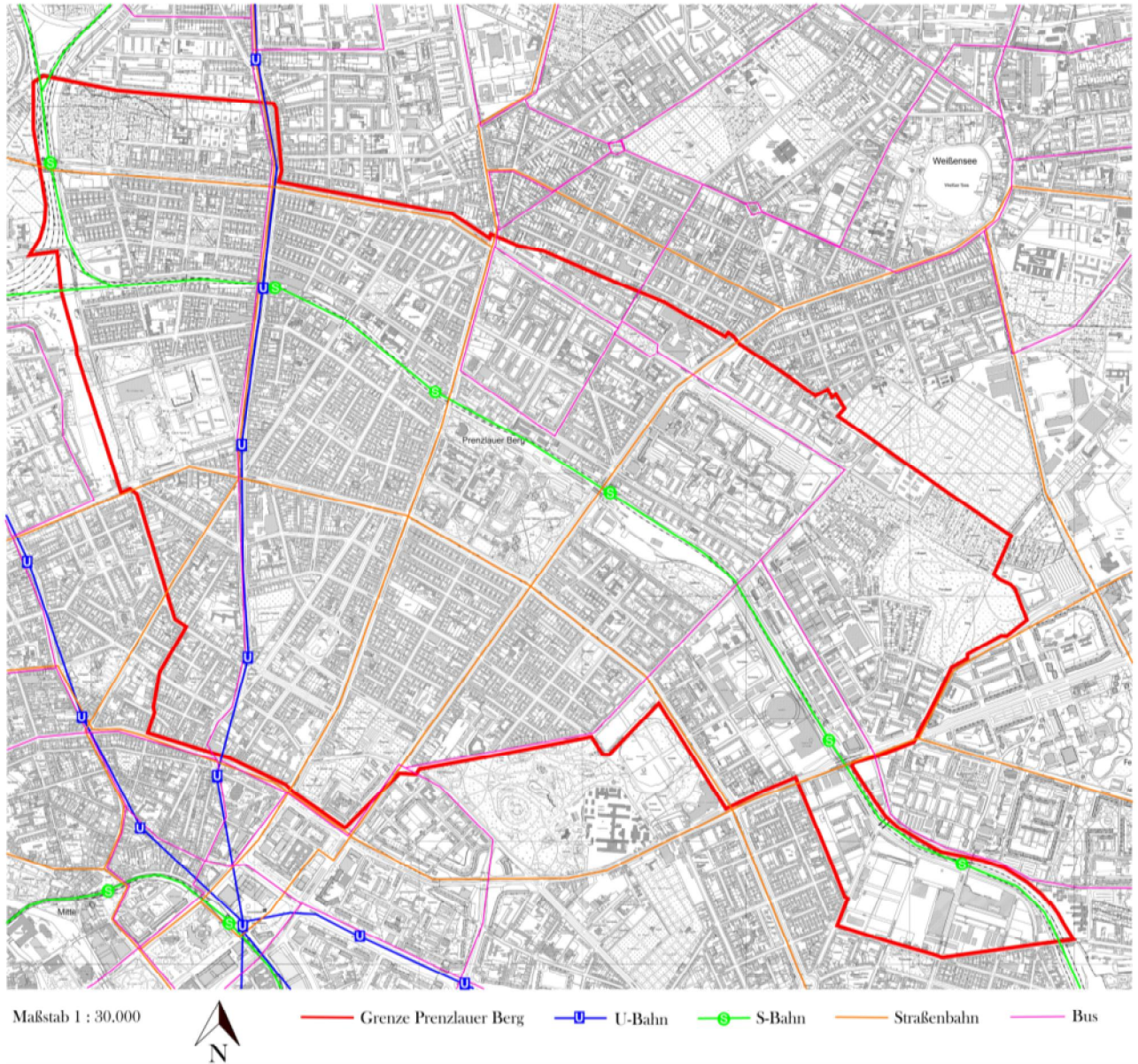
	Vorteile / Motive	Nachteile / Nutzungsbarriere
ÖPNV	<ul style="list-style-type: none"> • gute Erreichbarkeit innerhalb der Stadt durch (sehr) gutes ÖPNV-Angebot, auch abends/nachts • dichte Taktung in der Innenstadt • Ermöglichung von Nebentätigkeiten (Lesen, Musik etc.) • Ermöglichung größerer innerstädtischer Distanzen • Zeitvorteil ggü. MIV am Tage • Wetterschutz 	<ul style="list-style-type: none"> • Enge und Stress zu Stoßzeiten • Wartezeiten beim Umsteigen • Unzuverlässigkeiten, insb. im Winter • Weg zur/von Haltestelle bleibt (zu Fuß) • Einschränkung der Flexibilität durch reduziertes Angebots abends/nachts
Fernverkehr/DB	<ul style="list-style-type: none"> • Erreichbarkeit fernerer Ziele, außerhalb der Stadt • Vermeidung von Distress 	<ul style="list-style-type: none"> • Überfüllung zu Stoßzeiten (Pendler, Touristen, Ausflügler) • Abhängigkeit von ÖV-Anschluss/sozialen Umfeld vor Ort (zum Abholen und Bringen)
Rad	<ul style="list-style-type: none"> • Erreichbarkeit von Zielen innerhalb der Stadt bei kürzeren/mittleren Distanzen • Unabhängigkeit und erhöhte Flexibilität/ ggü. ÖV & MIV • Transport von Gütern des alltäglichen Bedarfs • Extramotive: Bewegung/Gesundheit, Entspannung, Fahrspaß • Zeitvorteil ggü. ÖV & MIV am Tage (abhängig vom Ziel) 	<ul style="list-style-type: none"> • für ingeschränkte Distanzen im Alltag • teils Wetterabhängigkeit (insb. im Winter) • Nutzung ohne Zeitdruck bevorzugt • Stress und Konflikte mit anderen Verkehrsteilnehmern (insb. bei erhöhtem Verkehrsaufkommen) • teils mangelndes Sicherheitsgefühl (insb. abends, nachts)
Intermodalität	<ul style="list-style-type: none"> • erhöhte Flexibilität (insb. Kombination ÖPNV + Rad) • erhöhte Schnelligkeit ggü. nur Rad • teils Zeitersparnis für Anfahrt zum Bahnhof (ggü. Zu Fuß) • weitere Strecken in Kombination mit dem ÖV möglich • Bequemlichkeit bei Transportbedarf, man kann Schweres auf dem Rad transportieren 	<ul style="list-style-type: none"> • geringe Bequemlichkeit: volle Züge, geringe Akzeptanz bei anderen Fahrgästen, wenig Abstellanlagen im Zug • ingeschränkte Planungssicherheit bei vollen Zügen • erhöhte Kosten bei Radmitnahme • ingeschränkte Transportkapazität • Verkehrsinfrastrukturprobleme: hohe Treppen, kleine/defekte Fahrstühle, zu wenig Abstellanlagen • individuelles VM Rad muss wieder abgeholt werden
Carsharing	<ul style="list-style-type: none"> • geringerer Teil der Probanden wäre bereit Carsharing zu testen • Spontanität und Flexibilität (insb. freefloating Carsharing) • Transport als häufigster Nutzungsgrund (Ikea, Baumarkt) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mehrheit findet Carsharing für ihre eigene Lebenssituation nicht geeignet • mangelnde Übersichtlichkeit der Informationen

Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM1079	Version: 1.0 vom 03.09.2014	132/ 136
---	---------------------------------------	------------------------------------	-------------

<p>Mietwagen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kostensparnis ggü. eigenem Pkw • einfache Nutzung: keine Organisation von Wartung, Reinigung etc. • bei unregelmäßigem, individuellem Transportbedarf (Personen, Güter) • Flexibilität bei Fahrzeugart und –größe • Flexibilität privat und dienstlich: planbar, entfernte Ziele in Stadt/Land • erhöhte Mobilität im Urlaub ggü. ÖPNV 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahren mit unbekanntem Fahrzeug • erhöhter Planungsaufwand • eingeschränkte Flexibilität & Spontanität: nicht immer Auto zur Verfügung, welches eigenen kontextabhängigen Bedürfnissen (Transportkapazität/Nutzungszeit) entspricht • Aufwand je nach Verfügbarkeit Fahrzeug & Erreichbarkeit Ausleihort
<p>Taxi</p>	<ul style="list-style-type: none"> • gewährleistet hohe Flexibilität & Spontanität (insb. abends und nachts in Ergänzung des ÖPNV-Angebots) • Kostensparnis ggü. eigenem Pkw (nur für besondere Anlässe) • einfache, sichere Nutzung (auch abends, alkoholisiert) • zuverlässige Fahr- /Ortskompetenz durch professionelle(r) Fahrer/in • höhere Akzeptanz beim Teilen der Kosten, dann auch ggf. Kostenvorteil ggü. ÖPNV 	<ul style="list-style-type: none"> • hohe Kosten, Bestellung teils notwendig • wenig flexibel und kaum Zeitvorteil innerhalb der Stadt bei hohem Verkehrsaufkommen
<p>Privates Autoteilen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kostensparnis ggü. eigenem Pkw • höhere Auslastung von Fahrzeugen, besseres Kosten-Nutzen-Verhältnis • Verfügbarkeit eines Pkws bei Bedarf in einzelnen Kontexten, teils geringe Zugangsbarrieren 	<ul style="list-style-type: none"> • je nach Art deutlich höherer Planungs- und Organisationsaufwand als bei dem eigenen Auto • je nach Art Konflikte bei auftretenden Kosten (z.B. Unfälle, TÜV) möglich • Abhängigkeit vom sozialen Umfeld (Verfügbarkeit/Einstellung) • teils höhere Versicherungskosten • Nutzungsbedürfnisse der Fahrer müssen sich ergänzen /Kompromissbereitschaft

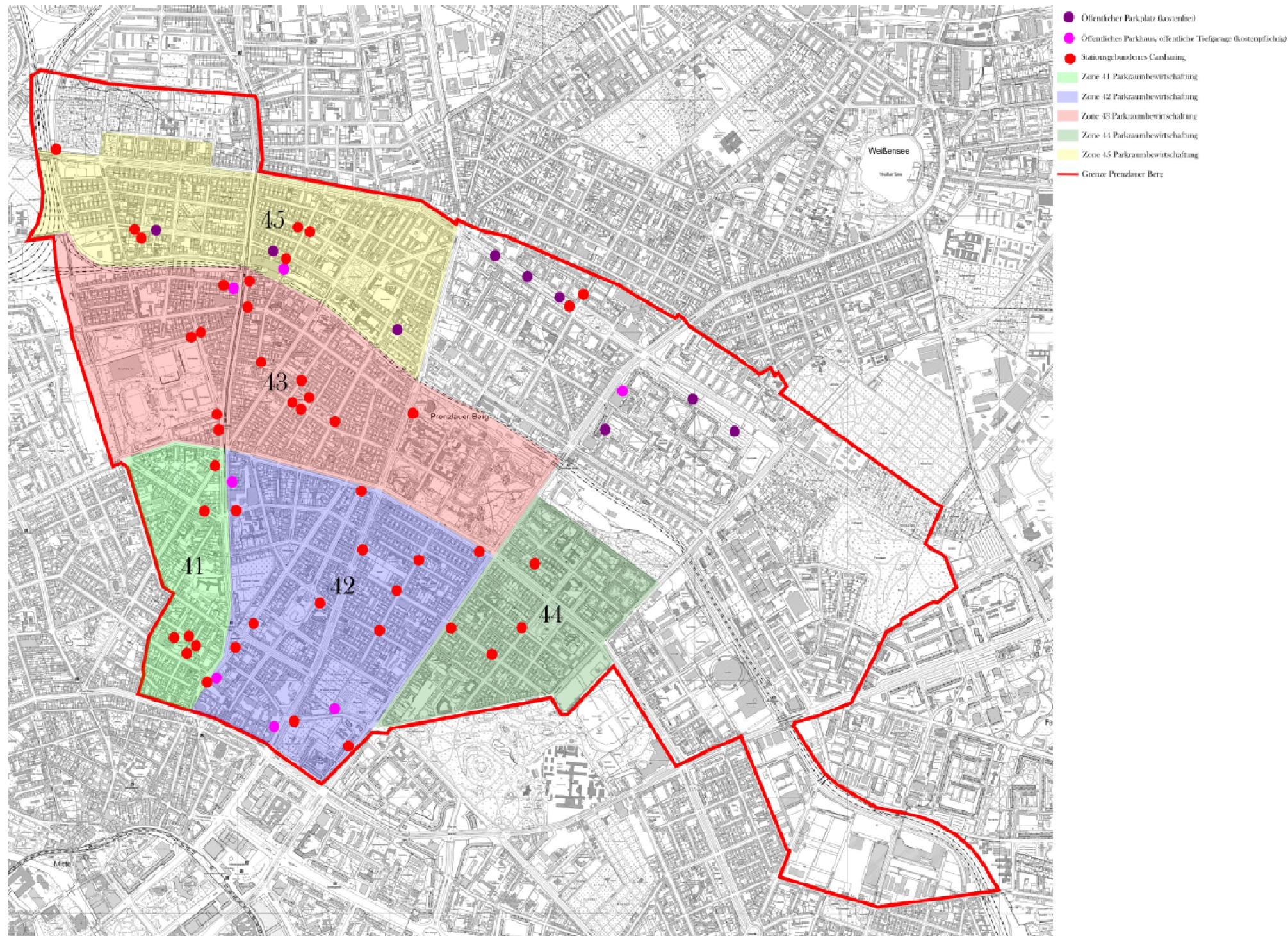
<p>Verbundvorhaben City2.e (Konzeptphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM1079</p>	<p>Version: 1.0 vom 03.09.2014</p>	<p>133/ 136</p>
--	--	---	------------------------------

9.2.3 Anlage TUB 3: ÖPNV-Angebot Prenzlauer Berg



Quelle: Karte von Berlin 1:5000 (K5), Blatt 422A, 422C, 423B, 423D, 432C. Veröffentlicht mit Genehmigung der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Abt.III, April 2008.

9.2.4 Anlage TUB 4: Parksituation und Carsharing-Angebot Prenzlauer Berg



Quelle: Karte von Berlin 1:5000 (K5), Blatt 422A, 422C, 423B, 423D, 432C. Veröffentlicht mit Genehmigung der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Abt.III, April 2008.

9.2.5 Anlage TUB 5: Motive der Verkehrsmittelwahl (nach Schlag und Schade 2007)

Tabelle 13: Motive der Verkehrsmittelwahl (nach Schlag und Schade 2007)

Instrumentelle Motive	Symbolische, sozial-expressive Motive	Emotionale, intrinsische Motive
<ul style="list-style-type: none"> • Transport • räumliche Verfügbarkeit • Erreichbarkeit und Zugänglichkeit des VM und von Reisezielen (accessibility) • Verfügbarkeit zu jeder Zeit • Zeitgewinn, geringer Zeitaufwand für Zugang und Umsteigen, keine Wartezeiten (Verkehrsstaus) • Mobilität am Zielort • niedrige Fahrtkosten (bes. out-of-pocket-Kosten) • Zuverlässigkeit • Komfort/ Bequemlichkeit • Wetterschutz • Sauberkeit • Sicherheit • Schutz vor Belästigung und Kriminalität • Verfügbarkeit von Hilfe/ Unterstützung • Ermöglichung von Nebentätigkeit • ökologischer, gesundheitlicher, sozialer Nutzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunikation von Status, Prestige, Überlegenheit, Macht • soziale Distinktheit, komparative Vorteile • positive Identität demonstrieren • Erfüllung sozialer Normen bzw. Erwartungen anderer • soziale Teilhabe, Kontakt • Privatheit (persönlicher Raum, kein Engegefühl) bzw. Wahlfreiheit über Privatheit und Kontakt • Chancengleichheit im sozialen Vergleich, keine Benachteiligungsgefühl (equity) • Kommunikation von ökologisch, gesundheitlich, sozial nützlichem Verhalten 	<ul style="list-style-type: none"> • Wahlfreiheit • Gefühl der Unabhängigkeit • Kontrollerleben, Planbarkeit und Orientierung • Flexibilität und Spontanität (auch während der Fahrt) • Freude an der Fahrt • flow-Erleben • Anregungswert, Risikofreude • Eigenaktivität (Aktivationswert) • „streaming“, das entspannt betrachtete Vorbeiziehen der Landschaft • optimale (mentale, visuelle, motorische) Beanspruchung während der Fahrt beim Ticketerwerb • kein Distress/ Ärger • Selbstdarstellung und Selbstwertgefühl • Belohnungsmacht (anderen Gutes tun können) • persönliches Wachstum • Selbstkongruenz/ Identifikation mit dem Verkehrsmittel