



Abschlussbericht

ZU

City2.e 2.0 – Smart Parking Solutions für das
Parken am Straßenrand und an
Elektroladesäulen in der Stadt von morgen
(Vorhabensbezeichnung)

Förderkennzeichen: **16EM2051**

zum

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

Laufzeit des Vorhabens: **1.1.2014 - 31.8.2016**

Version 2.0 (öffentlich)
vom 23.05.2017

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 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	1/ 95
--	---------------------------------------	--	----------

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZWECK	7
2	GRUNDSÄTZE	7
3	EINFÜHRUNG	7
3.1	MOTIVATION DES VORHABENS	7
3.2	PROBLEMSTELLUNG	8
3.3	GESAMTZIELE DES PROJEKTES	9
3.4	DIE PROJEKTPARTNER	9
3.5	EINORDNUNG DES VORHABENS IN DEN FÖRDERPOLITISCHEN RAHMEN	9
4	WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHE ERGEBNISSE UND ANDERE WESENTLICHE EREIGNISSE	10
4.1	ERGEBNISBERICHT SIEMENS AG	10
4.1.1	Übersicht der Siemens-Projektziele	10
4.1.2	Übersicht der Siemens-Ergebnisse	10
4.1.3	EuroCities-Konferenz in München	11
4.1.4	Die Realisierung der Demonstratoren	11
4.1.5	Zusätzlicher Demonstrator in Berlin Kreuzberg (Lindenstraße) vor DC-Ladesäule	14
4.1.6	Die Sensorik	15
4.1.7	Radarsensor-Algorithmik	16
4.1.8	Systemplattform und Endanwender-App	19
4.2	ERGEBNISBERICHT SENSTADTUM: LABORGEBIET FRIEDENAU BERLIN (AP SEN-7)	22
4.2.1	Einleitung	22
4.2.2	Das Laborgebiet und seine Rahmenbedingungen für die Erprobung von Detektionstechnik	24
4.2.3	Parkraumanalysen (AP Sen-7.2)	31
4.2.4	Fazit und Ausblick	43
4.2.5	Zusammenfassung	43
4.3	ERGEBNISBERICHT VMZ BERLIN	44
4.3.1	City2.e-Systemplattform	44
4.3.2	Integration in Applikationen	46
4.3.3	Evaluation des Parkraumdetektors	51
4.3.4	Eignung des Kombinationsdetektors für das operative und strategische Verkehrsmanagement	58
4.4	ERGEBNISBERICHT IKEM	63
4.4.1	Grundlagen	63
4.4.2	Voraussetzungen des Projektes und projektbegleitende Arbeit des IKEM	64
4.4.3	Rechts- und politikwissenschaftliche Ergebnisse der einzelnen Module	67
4.4.4	Weitere Forschungsrahmenbedingungen	78
4.5	ERGEBNISBERICHT DFKI (AP DFKI-9)	78
4.5.1	Einleitung	79
4.5.2	AP 9.1: Analyse Systemanforderungen und Schnittstellen	79
4.5.3	AP 9.2: Konzept und Implementierung	80
4.5.4	AP 9.3: Integration VMZ-Systemkomponenten	83
4.5.5	Simulation und Test	85
4.5.6	AP 9.5: Implementierung erhöhte Automatisierung/Fehlertoleranz	86
4.5.7	AP 9.6: Erweiterte Evaluierung einschließlich erster Untersuchung zu kleinen Parkplatzteilgruppen	87
5	SOLL-IST-VERGLEICH DER ARBEITS-, ZEIT- UND AUSGABENPLANUNG	90
5.1	ENTWICKLUNGEN DES GESAMTPROJEKTS	90
5.2	ENTWICKLUNG DER PROJEKTKOSTEN	90
5.3	NOTWENDIGKEIT UND ANGEMESSENHEIT DER GELEISTETEN ARBEIT	90
6	ZIELERREICHUNG	91
7	RELEVANTE ERGEBNISSE VON DRITTER SEITE FÜR DAS VERBUNDVORHABEN	91
8	VERÄNDERUNGEN IN DER ZIELSETZUNG DES VERBUNDVORHABENS	91



9	FORTSCHREIBUNG DES VERWERTUNGSPLANES UND ERGEBNISVERWERTUNG	93
9.1	NUTZEN ENTSPRECHEND VERWERTUNGSPLAN	93
9.2	VERÖFFENTLICHUNGEN	93
9.3	ANGEMELDETE SCHUTZRECHTE UND ERFINDUNGEN	93
10	AUSBLICK	93
11	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	94
12	ZUSAMMENFASSUNG	94
12.1	KURZFASSUNG (DE).....	94
12.2	ABSTRACT (EN).....	95

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	3/ 95
--	--	---	------------------

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Siemens Ausstellungsstand und Workshop bei der EuroCities-Konferenz 2014 in München....	11
Abbildung 2: Ursprünglicher Planungstand Dezember 2014 für den Gesamtabschnitt der Bundesallee	12
Abbildung 3: Realisierungsstand August 2016 für den ausgewählten Abschnitt in der Bundesallee.....	12
Abbildung 4: Aushubarbeiten zur Bereitstellung der 2. Phase und neuer Netzanschluss im Mast.....	13
Abbildung 5: Installation der Radarsensoren und der weiteren Komponenten (u. a. Gateway, WLAN)	13
Abbildung 6: Fertige Installationen mit Radarsensoren, Kamera, Gateway und WLAN-Repeatern	14
Abbildung 7: Stellplatzdetektion in der Lindenstraße vor der DC-Schnell-Ladesäule	15
Abbildung 8: Vom ersten Labor-Prototypen zum CE-zertifizierten 24GHz-Radarsensor mit Halter	15
Abbildung 9: Radarsensor integriert in LED-Leuchte SL10 von Osram (Labormuster).....	16
Abbildung 10: Prozesskette der Algorithmik der Radarsensoren	16
Abbildung 11: Reale Messungen im Siemens-Testfeld München Perlach	17
Abbildung 12: Prozessabbild zur Ermittlung der Verkehrsdichte	17
Abbildung 13: Installation der Radarsensoren zur Ermittlung der Verkehrsdichte	18
Abbildung 14: Vergleich der TEU-Daten mit denen vom Radarsensor	18
Abbildung 15: Ergebnis der Langzeitmessung der Geschwindigkeitsdaten vom Radarsensor	19
Abbildung 16: Frontend der Systemplattform (1. Generation) für kommunale Anwender: Statistiken zur Stellplatznutzung.....	20
Abbildung 17: Detektion von Parkständen in Längs- und Queranordnung in der Bundesallee in der Übersicht, Darstellung der freien Plätze, Zoomlevel 18	20
Abbildung 18: Detektion von Parkständen in Längs- und Queranordnung in der Bundesallee in der Detailansicht, Darstellung der freien und belegten Plätze, Zoomlevel 20.....	21
Abbildung 19: User Interface der Endanwender-App: Routenplanung und Anzeige freier Stellplätze.....	21
Abbildung 20: User Interface beim Navi: Routenplanung und Anzeige freier Stellplätze	22
Abbildung 21: "Parkraum integriert denken"	23
Abbildung 22: Parkraum als System.....	24
Abbildung 23: Laborgebiet Friedenau.....	25
Abbildung 24: Übersichtskarte Laborgebiet Friedenau.....	27
Abbildung 25: Grundgesamtheit der untersuchten Beleuchtungsmasten (3.101).....	29
Abbildung 26: Über das öffentliche Stromnetzbetriebene Leuchten (2.576)	29
Abbildung 27: Öffentliche Beleuchtung mit einem mindestens zweiphasigen Netzanschluss (1.056).....	30
Abbildung 28: Masten, die nach dem Jahr 2000 in Betrieb genommen wurden (166).....	30
Abbildung 29: Anzahl der Phasen in der öffentlichen Beleuchtung.....	31
Abbildung 30: Jahr der Inbetriebnahme der Masten in der Bundesallee	31
Abbildung 31: Angebot an Parkständen mit Bewirtschaftungsart und temporär nicht verfügbaren Parkständen	32
Abbildung 32: Parkraumangebot im halböffentlichen Raum	33
Abbildung 33: Auslastungsgrad der Parkstände im öffentlichen Straßenraum, Donnerstag	33
Abbildung 34: Auslastungsgrad der Parkstände im öffentlichen Straßenraum, Samstag	34
Abbildung 35: Anteil Langzeit-Parker an belegten Stellplätzen.....	35

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	4/ 95
--	---------------------------------------	--	------------------

Abbildung 36: Untersuchungsgebiet der Parkraumerhebung	36
Abbildung 37: Stellplatzauslastung Bundesallee – kleinräumige Parkraumerhebung.....	37
Abbildung 38: Fehlnutzung der vier Ladeparkstände in der Bundesallee bzw. Handjerystr.....	38
Abbildung 39: Abgleich Sensordaten mit Ladebackend (Auszug Testdaten 02.05.15, Sensor 1 Bundesallee)39	
Abbildung 40: Positiv- und Negativbeschilderung von Sonderstellplätzen an Ladesäulen	40
Abbildung 41: Art der Parkverstöße nach Bußgelddaten.....	41
Abbildung 42: Ordnungswidrigkeiten in Parkzone 26 (November 2013), Berlin-Friedenau.....	41
Abbildung 43: Auslastungsgrad der Stellplätze im halböffentlichen Parkraum, 6 Donnerstag (Quelle: Nowack 2017).....	42
Abbildung 44: Auslastungsgrad der Stellplätze im halböffentlichen Parkraum, 6 Donnerstag (Quelle: Nowack 2017).....	43
Abbildung 45: City2.e-Systemarchitektur	46
Abbildung 46: Screenshots der MOLECULES-App mit integrierten Parkdaten	47
Abbildung 47: Routing zu freiem Parkplatz - BerlinMobil App.....	48
Abbildung 48: Routing zu freiem Parkplatz in der Nähe des Ziels - BerlinMobil App.....	48
Abbildung 49: Routing zu freiem Parkplatz und Weiterfahrt mit ÖPNV – BerlinMobil App und Multitouch- Applikation	49
Abbildung 50: Routing zu freier Ladesäule in der Nähe des Ziels – BerlinMobil App	50
Abbildung 51: Routing zu freier Ladesäule mit freiem zugeordnetem Parkplatz – BerlinMobil App	51
Abbildung 52: Ladesäule Handjerystraße und zugeordnete Parkstände.....	52
Abbildung 53: Idealfall der Überlagerung der Belegungsdaten des Parkraumsensors und der Ladesäule	53
Abbildung 54: Überlagerung der Belegungsdaten der Parkraumsensoren mit denen der Ladesäule Handjerystraße	54
Abbildung 55: Vor-Ort-Begehung: oben: Real-Situation, unten: Anzeige der APM-Oberfläche: plausible Verortung des erkannten Fahrzeugs	55
<i>Abbildung 56: Nördlicher Messquerschnitt M705 an Lichtmast 212 vor Einfahrt Bundesallee 87-88 (oben) und südlicher Messquerschnitt M706 an Lichtmast 214 vor Bundesallee 89 (unten)</i>	<i>57</i>
<i>Abbildung 57: Standorte für stationäre Detektion; Luftbild: SenStadtUm 2011</i>	<i>57</i>
Abbildung 58: aufgezeichnete Positionsdaten aus der prototypischen Webanwendung.	57
Abbildung 59: Level of Service auf der Potsdamer Straße eines Einzeltages im Weg-Zeit-Diagramm	59
Abbildung 60: Verkehrsorganisation auf der Potsdamer Straße	60
Abbildung 61: streckenabschnittsbezogene Auswertung der FCD-LOS des ersten Halbjahres 2014.....	61
Abbildung 62: Übersicht der Komponenten und des Datenaustausches. Das vom DFKI entwickelte Prognosemodul ist mit dem Block “P(frei)” dargestellt. Es kann durch die Projektplattform Anfragen an das Sensorsystem stellen und es bekommt Vorhersageanfragen über die Plattform (Quelle: VMZ Berlin).....	80
Abbildung 63: Links: Lernfehler in Abhängigkeit von der Anzahl der Prototypen. Wichtig hier ist der Unterschied zwischen dem Fehler mit einem Prototyp und dem Fehler mit zwei Prototypen. Die Verbesserung durch den zweiten Prototyp ist deutlich größer als die durch jeden weiteren. Rechts: Unterschiedliche Belegung zwischen Tag und Nacht (über alle Parkbereiche). Bei den extremen Spitzen unten (Nr. 11 und 13) und oben (Nr. 19, 29, 31, 37 und 45) ist die Belegung am Tag (11:00 Uhr) genau gegensätzlich zur Belegung in der Nacht (4:00 Uhr). Zwischen den beiden Varianten einer solchen extremen Änderung (Spitzen oben gegenüber den Spitzen unten) gibt es bei den aufgenommenen Daten jedoch viele Bereiche mit Mischverhalten.	81
Abbildung 64: Datensammlung der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt bis Anfang	

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	5/ 95
--	---------------------------------------	--	----------

2015. Abgebildet sind die jeweils in dem gesamten Erhebungsgebiet zur Verfügung stehenden freien Plätze. Links sind die vormittags gesammelten Daten zu sehen und rechts die Nachmittagsdaten. Zu erkennen ist eine relativ breite Streuung der Belegungen (vor- und nachmittags).....81

Abbildung 65: Beispielergebnisse manueller k-Means-Clustering-Läufe.....84

Abbildung 66: Aufteilung von Parkbelegungsdaten in unterschiedliche Klassen/Cluster. Die Kurven stellen jeweils eine gemessene Parkbelegung (Anzahl Parkplätze, Y-Achse im Diagramm) über verschiedene Zeitpunkte eines Tages (26 Messungen, 13 vormittags, 13 nachmittags je Tag, X-Achse) dar. Die Farbe einer Kurve identifiziert die Parkverhaltensklasse (Cluster), der die Kurve von dem Verfahren automatisch zugeordnet wurde (5 Klassen: grün, blau, rot, violett, schwarz). Die zugrundeliegenden Daten wurden von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin an 16 Donnerstagen Ende 2014 und Anfang 2015 gesammelt.85

Abbildung 67: Ergebnisse aus dem Testdatensatz. Zuordnung zu einem Prototyp auf Basis der ersten Tageshälfte. Links zwei Beispiele und ein Prototyp aus dem Gesamtdatensatz. Rechts ein Beispiel aus den Daten nur von der Handjerystraße.....88

Abbildung 68: Metrik Vergleich mittels C-Index Handjery Datensatz gegenüber Alle. Hierbei wurde gemittelt über alle Parameter und Wiederholungen. Die Box zeigt den Bereich vom 25% bis zum 75% Quantil und die rote Linie den Median.....89

Abbildung 69: Plot aller gesammelten Daten.89

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Erhebungstage der kleinräumigen Parkraumanalyse.....35

Tabelle 2 Übersicht der Datenschutzgrundsätze und der Rechtsquellen.....77

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>6/ 95</p>
---	---	--	------------------

1 Zweck

Dieser Abschlussbericht dient der Erfüllung der Anforderung an Förderprojekte nach und der Darstellung und Veröffentlichung der Ergebnisse.

2 Grundsätze

Der Abschlussbericht soll zu folgenden Punkten/Fragen kurz gefasste Angaben enthalten:

1. Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse.
2. Vergleich des Stands des Vorhabens mit der ursprünglichen (bzw. mit Zustimmung des ZG geänderten) Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung.
3. Haben sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Berichtszeitraums gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert (Begründung)?
4. Sind von dritter Seite FE-Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant waren (auch Darstellung der aktuellen Informationsrecherchen nach Nr. 6.1 NKBF 98)?
5. Waren Änderungen in der Zielsetzung notwendig?
6. Jährliche Fortschreibung des Verwertungsplans. Diese soll, soweit im Einzelfall zutreffend, Angaben zu folgenden Punkten enthalten (Geschäftsgeheimnisse des ZE brauchen nicht offenbart zu werden):
 - Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte, die vom ZE oder von am Vorhaben Beteiligten gemacht oder in Anspruch genommen wurden, sowie deren standortbezogene Verwertung (Lizenzen u. a.) und erkennbare weitere Verwertungsmöglichkeiten.
 - Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont) - z. B. auch funktionale/wirtschaftliche Vorteile gegenüber Konkurrenzlösungen, Nutzen für verschiedene Anwendergruppen/-industrien am Standort Deutschland, Umsetzungs- und Transferstrategien (Angaben, soweit die Art des Vorhabens dies zulässt).
 - Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont) - u. a. wie die geplanten Ergebnisse in anderer Weise (z. B. für öffentliche Aufgaben, Datenbanken, Netzwerke, Transferstellen etc.) genutzt werden können. Dabei ist auch eine etwaige Zusammenarbeit mit anderen Einrichtungen, Firmen, Netzwerken, Forschungsstellen u. a. einzubeziehen.
 - Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase bzw. die nächsten innovatorischen Schritte zur erfolgreichen Umsetzung der FE-Ergebnisse.

3 Einführung

Mit dem vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) geförderten Projekt City2.e 2.0 (Realisierungsphase des konzeptionellen Förderprojektes City2.e) sollen bessere Rahmenbedingungen für Elektromobilität geschaffen und städtischer Individualverkehr in Ballungsräumen reduziert werden.

In der Realisierungsphase des Verbundprojektes City2.e 2.0 soll dazu eine Praxisdemonstration zur Integration von Parkplätzen mit Ladesäulen in ein intelligentes Parkraummanagement erfolgen.

3.1 Motivation des Vorhabens

Der Verkehrssektor ist mit rund 20% der zweitgrößte Emittent von CO₂ in Deutschland. Die klimapolitischen Ziele der Bundesregierung, eine Reduktion der CO₂-Emissionen bis 2020 um 40%

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	7/ 95
--	---------------------------------------	--	----------

und bis 2050 um 80-95% gegenüber 1990¹, können nur erreicht werden, wenn neben dem beschleunigten Ausbau Erneuerbarer Energien im Verkehrsbereich die entsprechenden Emissionseinsparungen erzielt werden.

Dafür muss zum einen der Straßenverkehr z. B. über intelligente Verkehrssteuerung und ein verbessertes multi-modales Verkehrsangebot insgesamt entlastet werden, zum anderen müssen effizientere Antriebe sowie emissionsfreie Energieträger zum Einsatz kommen.

Elektrofahrzeuge können zur Erreichung dieser Ziele beitragen. Eine der Voraussetzungen ist die Errichtung von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum und auf privatem, öffentlich zugänglichem Grund. Deren Lage in der Stadt muss den Fahrerinnen und Fahrern bekannt sein, ebenso wie die aktuelle Belegung.

Das Verbundprojekt City2.e (Konzeptphase) hat gezeigt, dass ein wirtschaftlicher Betrieb öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur aufgrund des Verhaltens von „Straßenrandparkern“ nur mit hohen Zuschüssen / Subventionen möglich ist und damit aktuell und für die nähere Zukunft wirtschaftlich nicht darstellbar ist. Um die Auslastung der Ladestationen zu steigern, darf die Parkdauer nicht über den Ladezeitraum hinausgehen.

Smart Parking Solutions ermöglichen eine nachfragegerechte Nutzung des verfügbaren öffentlichen Parkraums. Gleichzeitig unterstützen sie aber auch das schnelle Auffinden eines freien Stellplatzes und bei Bedarf eines zum Laden eines Elektro-Pkw geeigneten Ladeparkplatzes. Smart Parking Solutions stellen eine Transparenz über Parkplatzverfügbarkeiten im Kontext des multimodalen Verkehrs her. Im Ergebnis wird Parksuchverkehr reduziert und die Auslastung von Parkplätzen und Ladesäulen optimiert.

3.2 Problemstellung

Kernthemen in urbanen Ballungsräumen sind, neben hoher Verkehrsdichte und daraus resultierenden starken Umweltbelastungen, auch ein entsprechend hoher Flächennutzungsbedarf für z. B. parkende Fahrzeuge. Zudem tragen Parksuchverkehre zu einem erheblichen Anteil zu den hohen Verkehrsdichten in urbanen Räumen bei. Besonders in urbanen Räumen konkurrieren viele Akteure um den limitierten öffentlichen (Lebens-) Raum und erheben direkt oder indirekt Anspruch darauf.

Neben technischen und technologischen Herausforderungen sind auch politische und gesellschaftliche Diskurse zu meistern, um die vorhandenen Ressourcen wie (städtische) Fläche, Luftqualität, Klima und ein lärmbefreites Umfeld unter ökonomischen, sozialen und ökologischen Gesichtspunkten zu betrachten und zu bewerten. Die Zuteilung, bzw. „Nutzungsberechtigung“ des öffentlichen Raumes ist immer wieder Streitpunkt der unterschiedlichen Akteure wie Städte und Kommunen, Fahrzeugbesitzer, Fußgänger, Anwohner, Gewerbetreibende, Infrastrukturbetreiber, etc.).

Die Ergebnisse aus der Konzeptphase City2.e verdeutlichen, dass sich aus der alleinigen Installation und dem Betrieb von Ladeinfrastruktur kein positiver Geschäftsfall ableiten lässt, so dass hier eine Erweiterung, bzw. Adaption des ursprünglichen Ansatzes aus ökonomischer Sicht als zwingend notwendig erscheint. Erste Untersuchungen haben gezeigt, dass der Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur aufgrund des Mobilitätsverhaltens des „Laternenparkers“ (Parkdauer, Wegstrecken) aktuell nicht ökonomisch ist. Um die Auslastung der Ladestationen zu optimieren, müssen Anreize für eine Reduzierung der Parkdauer gesetzt werden. Im Zentrum des Projektes muss daher die Erarbeitung eines Konzepts zur Koordination und Steuerung des Parksuchverkehrs und Ladeverhaltens der Nutzer von Elektro- und konventionellen Fahrzeugen stehen, insbesondere der so genannten Laternenparker.

Die umfängliche Einführung und Verbreitung der Elektromobilität und damit zusammenhängender Themenbereiche erfordert neue Konzepte. Da die bisherigen Rahmenbedingungen und Verfahrensweisen im Themenbereich Mobilität nicht mehr tragen, bzw. für die zukünftigen Anforderungen nicht mehr adäquat sind, um die ökologischen und ökonomischen Ziele der Energie- und Verkehrswende in Deutschland zu erreichen, müssen neue Wege beschritten werden.

Zumeist werden Lösungen für Eigenheimbesitzer mit eigener Garage, sogenannte Wallboxen und Lademöglichkeiten am Arbeitsplatz betrachtet. Für die Bewohner von Innenstädten sind bisher nur wenige und ungenügende Konzepte bekannt. Die heute erhältlichen Ladesäulen sind für einen flächendeckenden Einsatz in Innenstädten für Laternenparker weniger geeignet, da die erheblichen Installations- und Betriebskosten aktuell nicht refinanziert werden können. Deshalb müssen neue Konzepte entwickelt werden, die zum einen technisch und finanziell sinnvoll sind, zum anderen eine

¹ Energiekonzept 2010 der Bundesregierung und wiederholt bei der UN-Klimakonferenz 2015 in Paris

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	8/ 95
--	---------------------------------------	--	----------

hohe Nutzerakzeptanz erzielen. Neben einer Verbesserung der Verkehrs- und insbesondere der Parkraumsituation in innerstädtischen Quartieren hängt die Akzeptanz entsprechender Konzepte auch von ihren fühlbaren Auswirkungen auf die lokale Umweltsituation ab.

Ein weiteres Ziel der Bundesregierung ist die Maximierung der Einspeisung erneuerbarer Energien ins Netz. Die Einbindung dieser Energien ins Netz führt bereits heute zu schwankender Einspeisung mit Stabilitätsproblemen und teilweiser Abschaltung bzw. Reduktion von Einspeiseleistung. Damit kann das Potential der erneuerbaren Energien nicht optimal ausgenutzt werden. Deshalb müssen auch an dieser Stelle Lösungen gefunden werden, mit denen die Volatilität der Versorgung besser antizipiert und gesteuert werden kann.

3.3 Gesamtziele des Projektes

City2.e 2.0 ist ein Verbundprojekt verschiedener Partner aus Industrie, Verwaltung und Instituten und soll zur Energie- und Verkehrswende beitragen. Hauptziel ist die Praxisdemonstration einer intelligenten Parkraumüberwachung und -steuerung, die Parkplätze an Ladesäulen für Elektrofahrzeuge einschließt. Dies umfasst die Entwicklung eines Erprobungsmusters einer ganzheitlichen Parkplatzdetektion mit anschließender Praxiserprobung sowie die Entwicklung einer Systemarchitektur zur Überwachung und Steuerung der detektierten Plätze. Die Lösung soll zur Demonstration in die Lösungen der VMZ Berlin aufgenommen werden. Dabei steht das straßenseitige Parkraum- und Ladeinfrastrukturangebot im Vordergrund.

Ziel des Verbundprojekts City2.e 2.0 ist die Schaffung einer Systemlösung „Virtuelles Parkhaus“ und die Untersuchung der damit zusammenhängenden Rahmenbedingungen. Dabei sollen unterschiedlichste Daten, z. B. von Parkraumsensoren im öffentlichen oder halb-öffentlichen Raum, Informationen über die Belegung von Ladesäulen, miteinander verknüpft werden, um den Parksuchverkehr sicher prognostizieren und steuern zu können. Im Zentrum steht die Koordination und Steuerung des Verkehrs zum direkten Anfahren von freien Park- und Lademöglichkeiten.

3.4 Die Projektpartner

City2.e 2.0 wird als Verbundprojekt der fünf Projektpartner Siemens AG, SenStadtUm, VMZ Berlin, IKEM und DFKI durchgeführt:

Der Technologiekonzern **Siemens AG, Division Mobility** hatte die Gesamtprojektkoordination und war unter anderem verantwortlich für die Entwicklung der Sensorik zur Erfassung von Stellplätzen im Straßenraum und dazugehöriger Systemplattform.

Dies erfolgte auf Basis einer Analyse des Parkraumangebots und der Beleuchtungsinfrastruktur, die von der **Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (SenStadtUm)** durchgeführt wurde.

Die Auswertung und der Betrieb des Demonstrators erfolgte durch die **Verkehrsmanagementzentrale Berlin Betreibergesellschaft mbH (VMZ)**, welche auch die zugrunde liegende Systemplattform bereitstellte.

Das **Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e. V. (IKEM)** hat die juristische und ökonomische Begleitforschung des Projekts übernommen.

Das **Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI)** hat projektbegleitend adaptive Prognosemodelle, welche die Vorhersage von Angebot und Nachfrage an Park- und Ladeplätzen verbessern sollen, erstellt.

3.5 Einordnung des Vorhabens in den förderpolitischen Rahmen

Die klima- und energiepolitischen Ziele für den Sektor Verkehr werden ohne einen verstärkten Einsatz elektrischer Fahrzeugantriebe im Straßenverkehr nicht erreicht. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) fördert daher Forschungsvorhaben zum Thema Elektromobilität. Darüber hinaus können auch andere Studien und Projekte bei besonderer wissenschaftlicher, technischer oder wirtschaftlicher Bedeutung im Einzelfall gefördert werden, sofern sie von hoher Relevanz für das Ziel der Bundesregierung sind, Deutschland zum Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität zu entwickeln.²

² Bundesanzeiger Bekanntmachung Veröffentlicht am Dienstag, 25. Juni 2013, BAnz AT 25.06.2013 B8,
www.bundesanzeiger.de

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	g/ 95
--	---------------------------------------	--	----------

In diesem Rahmen versucht das Verbundprojekt City2.e 2.0 durch eine Technologieentwicklung im Bereich intelligenten Parkraummanagements die Bedingungen für elektromobiles Fahren, bzw. Parken zu verbessern, um eine größere Akzeptanz bei den Stakeholdern wie Städten, Gemeinden, Kommunen und die Endanwender (Fahrzeugnutzer) herbeizuführen.

4 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse und andere wesentliche Ereignisse

Das Verbundprojekt City2.e 2.0 wurde im **Zeitraum vom 1.1.2014 bis 31.08.2016** durchgeführt. Dieser Abschlussbericht stellt die erzielten Ergebnisse des Projektes dar. Die Grundlagen wurden während des Verbundprojektes City2.e (Konzeptphase) mit teilweise anderen Konsortialpartnern erarbeitet.³ Im Folgenden werden die Ergebnisse des Projektes City2.e 2.0 (Realisierungsphase) dargelegt.

Neben der kontinuierlichen Umsetzung der softwaretechnischen und systemischen Voraussetzungen in den internen und externen Entwicklungsabteilungen wurde ein erster Demonstrator während der Konzeptphase (City2.e) bei der EuroCities 2014 in München⁴ realisiert und präsentiert. Dieser Demonstrator diente einerseits zur Erprobung der Realisierbarkeit (technische / technologische Machbarkeitsuntersuchung) und andererseits der Veröffentlichung der Innovation (Erfindungsmeldung).

In der City2.e 2.0-Realisierungsphase wurde zunächst ein Demonstrator in der Bundesallee in Berlin-Friedenau konzeptioniert, aufgebaut und betrieben. Während der Projektlaufzeit kam auf Wunsch der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt ein weiterer Demonstrationsstandort hinzu. Dieser zusätzliche Demonstrator wurde in der Lindenstraße in Berlin-Kreuzberg realisiert. Hier lag der Fokus auf dem Anwendungsfall Parkbelegungsstatus vor einer DC-Schnellladesäule.

4.1 Ergebnisbericht Siemens AG

Erstellt durch: Siemens Aktiengesellschaft, Berlin und München
Uwe Reuter, Projektleiter
Thomas Jell, Systemarchitekt

4.1.1 Übersicht der Siemens-Projektziele

- ∅ Entwicklung, Aufbau und Betrieb eines Technoliedemonstrators
 - Entwicklung einer Sensor-/IoT-Plattform (System/Backend)
 - Radarsensorik zur Detektion der Stellflächenbelegung
 - Kommunikationsinfrastruktur (Sensor über Gateway zum Backend)
 - Backend-System mit Web-User-Interface
 - Statistische Auswertung und Darstellung der erfassten Parkdaten
 - Schnittstellen und Integration der Ladesäulen-Informationen
 - Algorithmus zur Ermittlung der Verkehrsdichte und Durchschnittsgeschwindigkeit
- ∅ Informationsbereitstellung freier (Lade-) Stellplätze für Fahrzeug-Routing

4.1.2 Übersicht der Siemens-Ergebnisse

- ∅ Installiert wurden 10 Sensoren, 2 Gateways und diverse WLAN-Repeater
 - 9 Sensoren (+ Gateway) in der Bundesallee / Handjerystraße (~55 Stellplätze)
 - 1 Sensor (+ Gateway) in der Lindenstraße (4 Elektro-Ladeplätze + 2x reguläre Stellplätze)
- ∅ Die Algorithmik zur Detektion wurde (und wird im Rahmen weiterer Projekte) kontinuierlich verbessert
- ∅ Die 24GHz-Radartechnologie und die gewonnenen Erfahrungen stellen die Grundlage für eine zukünftige Produktentwicklung mit 77GHz-Radarsensoren dar

³ <http://erneuerbar-mobil.de/projekte/city2e>

⁴ <http://eurocities2014.eu/>

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	10/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

4.1.3 EuroCities-Konferenz in München

Im November 2014 wurde in München die EuroCities-Jahreskonferenz 2014 zum Thema „Energising Cities“ durchgeführt. Teilgenommen haben ca. 500 Politiker, Entscheidungsträger und Experten aus gut 100 europäischen und internationalen Großstädten. Ziel war es, Erfahrungen auszutauschen, wie die Kommunen die Energiewende voranbringen können und gleichzeitig die Lebensqualität sichern und die Energiekosten nachhaltig für die Bevölkerung und Wirtschaft bezahlbar zu halten.

Siemens hat neben einem Ausstellungsstand, bei dem u. a. die Advanced Parking Management-Lösung präsentiert wurde, auch vier Experten-Workshops durchgeführt.

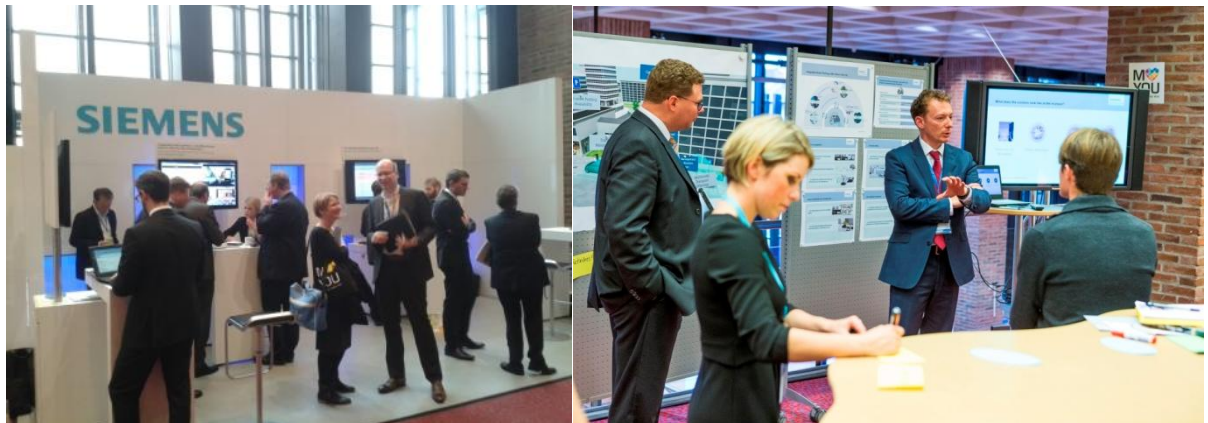


Abbildung 1: Siemens Ausstellungsstand und Workshop bei der EuroCities-Konferenz 2014 in München

Die zentrale Botschaft war, dass mit integriertem und intelligentem Parkraummanagement sowohl die Verkehrsdichte als auch die Umweltbelastungen reduziert werden können. Da Parksuchverkehre einen erheblichen Anteil am Straßenverkehr in Ballungsräumen stellen, kann durch Maßnahmen, die den Parksuchverkehr reduzieren, eine Entlastung des Gesamtverkehrs, insbesondere des individuellen, erreicht werden.

4.1.4 Die Realisierung der Demonstratoren

Vor der Realisierung der Demonstratoren im öffentlichen und halb-öffentlichen Straßenraum musste eine umfangreiche Konzept-, Planungs- und Genehmigungsphase durchgeführt werden. Im ursprünglichen Ansatz sollten die Radarsensoren in LED-Leuchten von Osram integriert und betrieben werden. In diesem Zusammenhang wurde dann seitens des für die Beleuchtung Verantwortlichen bei BerlinLicht (Unternehmen von Vattenfall Europe Netzservice) klar, dass hier nicht selektiv Leuchten ausgetauscht werden können. Begründet war dies damit, dass die Lichtstärken, Farbtemperaturen und weitere Parameter dieser LED-Leuchten stark von den installierten Straßenleuchten abweichen würden. Eine Auflage von BerlinLicht war deshalb, den gesamten Straßenabschnitt mit LED-Leuchten von Osram umzurüsten. In Summe hätten deshalb ca. 30 Leuchten ausgetauscht werden müssen. In den nachfolgenden Verhandlungen zwischen Siemens und Osram wurde dann deutlich, dass eine Finanzierung hier wahrscheinlich nicht zustande käme.

Mittlerweile hatte sich auch aus technischen Gründen die Integration der Radarsensoren in die LED-Leuchten von Osram als nicht tragfähig herausgestellt. Die Radarsensoren wurden so designed, dass sie in den trapezförmigen Teil der LED-Leuchten integriert werden konnten. Der Bauraum in den Leuchten war jedoch nicht ausreichend, um die Radarsensoren auf die Stellflächen der Fahrzeuge ausrichten zu können. Die LED-Leuchten dürfen wegen lichttechnischer Anforderungen nur in ganz engen Grenzen zur Straße geneigt werden.

Insofern wurde die Integration des Radarsensors in die Osram-LED-Leuchten verworfen. Realisiert wurde wegen des trapezförmigen Platinendesigns (bedingt durch den trapezförmigen Bauraum in den Osram-Leuchten) ein Radarsensor in einem eigens entwickelten Gehäuse mit Trapezform.

Die beiden folgenden Grafiken zeigen den ursprünglichen Planungsstand zum Projektbeginn (Abbildung 2) und den Realisierungsstand in der Bundesallee Ecke Handjerystraße zum Projektende (Abbildung 3). Der Ort des Demonstrators in Berlin resultierte aus einem Wunsch der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, da Berlin-Friedenau als „Laborgebiet“ u. a. für

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>11/ 95</p>
---	---	--	-------------------

Elektromobilität dient und hier bereits entsprechend gute Kontakte in die bezirklichen Gremien und die bezirklichen Verwaltungsstrukturen existierten.

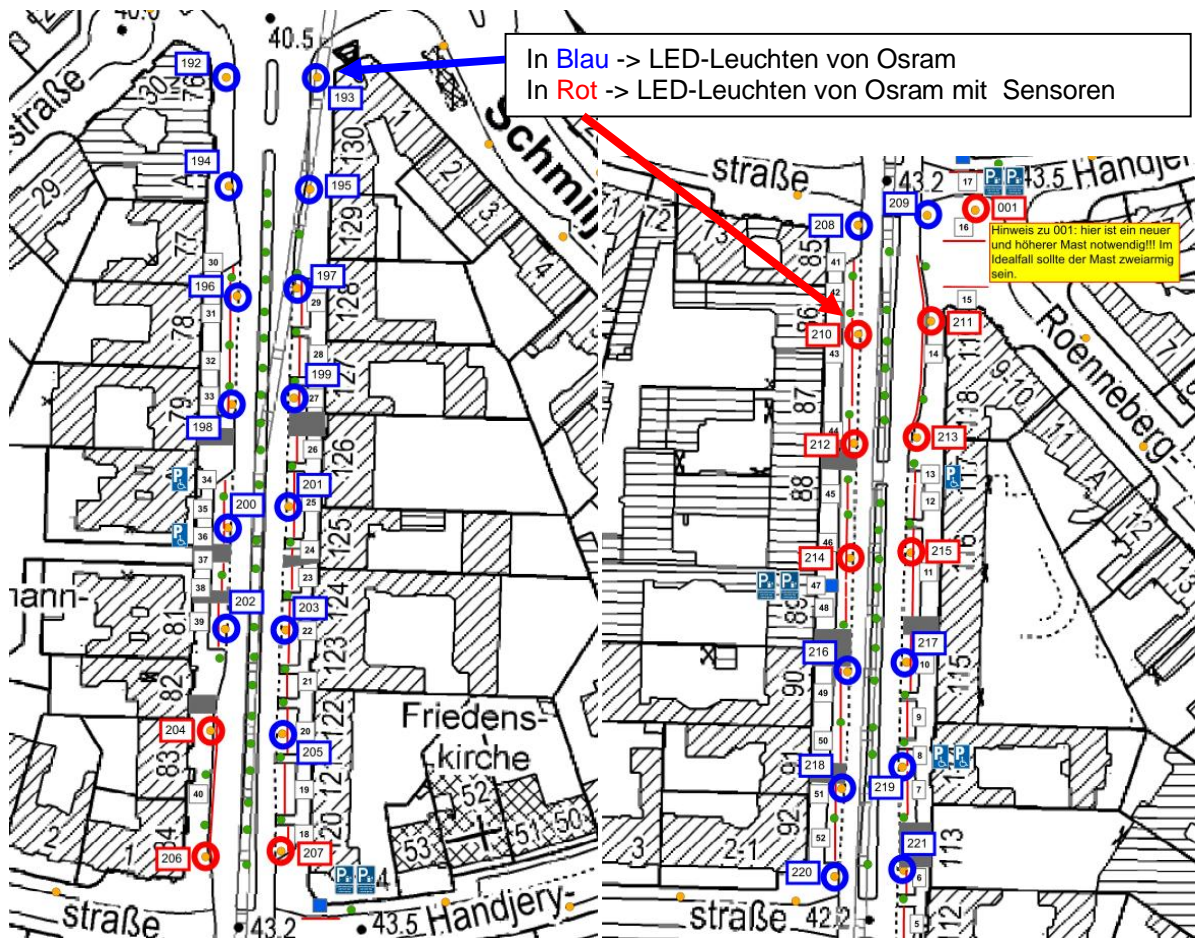


Abbildung 2: Ursprünglicher Planungsstand Dezember 2014 für den Gesamtabschnitt der Bundessallee



Abbildung 3: Realisierungsstand August 2016 für den ausgewählten Abschnitt in der Bundessallee

4.1.4.1 Herausforderungen bei der Installation

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>12/ 95</p>
--	--	---	-------------------

Die Netzinfrastruktur in der Bundesallee wies eine einphasige Stromversorgung der Beleuchtungsmasten auf. Seitens des Beleuchtungsinfrastrukturbetreibers BerlinLicht wurde für die Radarsensoren eine vom Lichtnetz unabhängige Stromversorgung gefordert. Deshalb musste zunächst in jeden Lichtmast eine zweite Phase vom Hauptkabel im Bürgersteig verlegt und bereitgestellt werden. Bedingt durch das Alter der Infrastruktur (die Bundesallee wurde 1968 mit diesen Leuchten ausgestattet), waren auch die Bestandspläne über verlegte Kabel, Muffen und Verteiler unzureichend. Teilweise mussten dadurch 1 bis 2 m² große Löcher ausgehoben werden, um die Kabelverteilmuffen zu lokalisieren.



Abbildung 4: Aushubarbeiten zur Bereitstellung der 2. Phase und neuer Netzanschluss im Mast



Abbildung 5: Installation der Radarsensoren und der weiteren Komponenten (u. a. Gateway, WLAN)

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>13/ 95</p>
---	---	--	-------------------



Abbildung 6: Fertige Installationen mit Radarsensoren, Kamera, Gateway und WLAN-Repeater

Der Betrieb einer Videokamera stellte, neben den minimalen technischen, vor allem die datenschutzrechtlichen Aspekte als herausfordernd dar. Eine Auflage des Berliner Datenschutzbeauftragten war, dass die Videobilder nur in sehr geringer Auflösung aufgenommen werden durften, was mit den aktuell verfügbaren handelsüblichen Kameras nicht vereinbar war. Es musste entsprechend eine technische Lösung zur Verringerung der Auflösung der Kamera gefunden werden. Die Videobilder durften nicht aufgezeichnet und gespeichert werden, sondern nur als Videostream für eine kleine Zahl benannter Mitarbeiter zur Verfügung gestellt werden.

Eine weitere Auflage war, weder Bürgersteig noch Wohnungen direkt oder indirekt aufzunehmen. Hier wurde eine Ausblendung sämtlicher Bereiche außerhalb des Parkstreifens vorgenommen. Hinzu kam die Forderung nach Hinweisschildern am Mast der Kamera, um die Öffentlichkeit über den Videokamerabetrieb zu informieren. Die Klärungsphase vom ersten informellen Gespräch mit dem Datenschutzbeauftragten bis hin zur Genehmigung zum Betrieb einer Videokamera im öffentlichen Raum hat ca. ein Jahr gedauert!

4.1.5 Zusätzlicher Demonstrator in Berlin Kreuzberg (Lindenstraße) vor DC-Ladesäule

Auf Anregung der Senatsverwaltung wurde ein weiterer Demonstratorstandort in der Lindenstraße geplant und realisiert. Dieser zusätzliche Demonstrator wurde wegen der Neuinstallation einer DC-Schnellladesäule ausgewählt, da hier für den E-Mobilisten besonders wichtig ist zu erfahren, ob der Stellplatz vor der Ladesäule für die Nutzung frei zur Verfügung steht.

So wurden ein Sensor und ein Gateway für diesen Standort aus dem Kontingent für die Bundesallee entnommen. Der Bundesallee-Demonstrator musste damit auf sein Backup-Gateway verzichten, was aber aufgrund des über die Distanzen noch funktionierenden WLANs kein Problem darstellte. Allerdings führte der Verzicht auf eine Backuplösung leider auch das eine oder andere Mal zu einem Totalausfall des Demonstrators in der Bundesallee, da mit dem Ausfall dieser zentralen Kommunikations-Komponente ins Internet, sprich diesem Gateway, die Sensoren nicht mehr erreichbar waren. Ein Austausch des defekten Gateways schaffte dann aber schnell Abhilfe.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>14/ 95</p>
--	--	---	-------------------

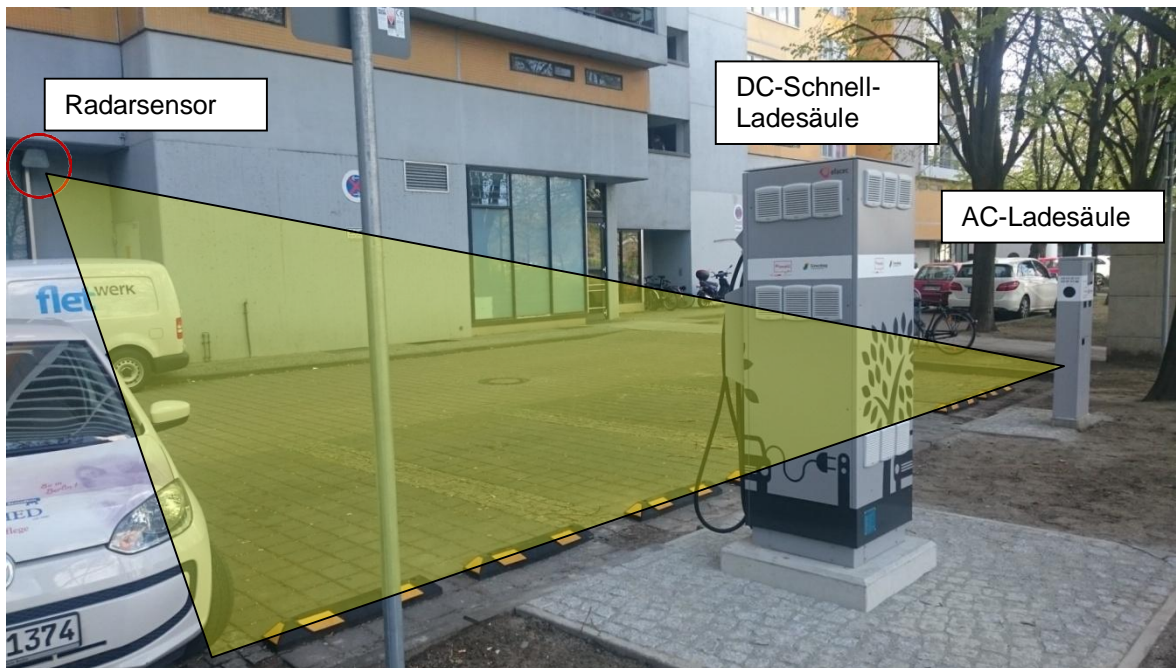


Abbildung 7: Stellplatzdetektion in der Lindenstraße vor der DC-Schnell-Ladesäule

4.1.6 Die Sensorik

Die Radarsensoren und die dazugehörige Kommunikationstechnik sind Kernkomponenten des Advanced Parking Management-Systems von Siemens. Die Radarsensorik basiert auf einer neuen technologischen Anwendung mit neu entwickelten Algorithmen zum Erkennen von nicht bewegten Objekten (in diesem Falle parkenden Fahrzeugen). Für die Radarsensorik und deren Anwendung sind zwei Erfindungsmeldungen⁵ beantragt worden.

4.1.6.1 Der Radarsensor in zwei Ausführungsvarianten

Die Sensorik wird für das Verbundprojekt in zwei „Gehäuse“-Varianten entwickelt: a) Stand-Alone-Radar-Box und b) integriert in Osram-LED-Leuchte SL10. Im Folgenden werden die beiden Varianten dargestellt:

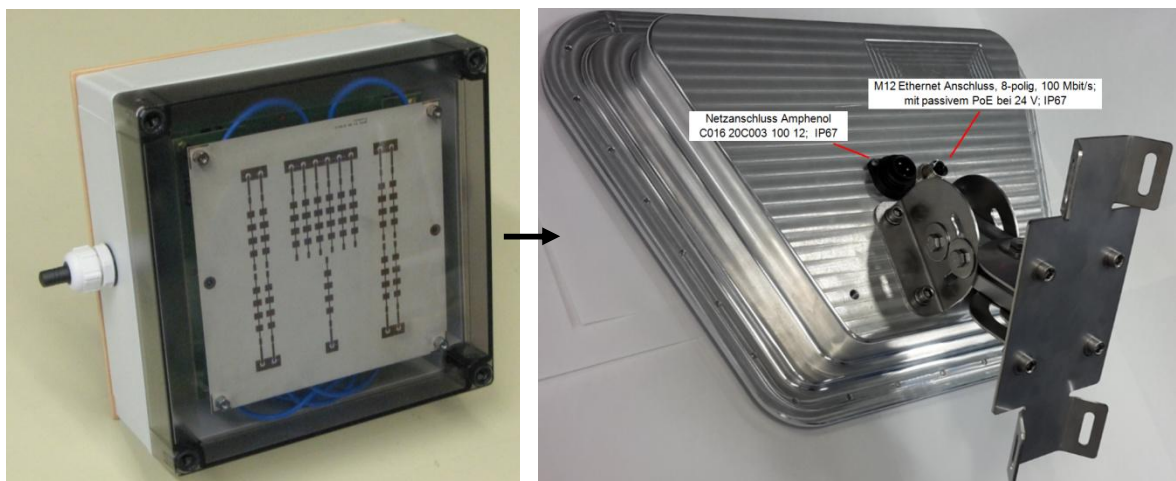


Abbildung 8: Vom ersten Labor-Prototypen zum CE-zertifizierten 24GHz-Radarsensor mit Halter

⁵ 1) Erfindungsmeldung "RFID-basierte Identifikation zur Detektion widerrechtlicher Parkzustände bei nutzerspezifischer Parkraumbewirtschaftung" - Zeichen: 2014E25380DE und 2) Erfindungsmeldung "Automatische Erkennung der Belegung öffentlicher Elektroparkplätze durch nicht ladende Fahrzeuge" - Zeichen: 2014E25379DE

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>15/ 95</p>
---	---	--	-------------------



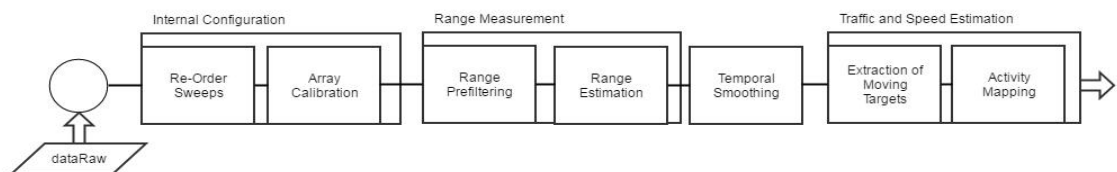
Abbildung 9: Radarsensor integriert in LED-Leuchte SL10 von Osram (Labormuster)

4.1.7 Radarsensor-Algorithmik

Neben der Hard- und Firmwareentwicklung ist die Signalverarbeitung und deren Algorithmik der entscheidende Faktor zur Erkennung von sich nicht bewegenden Objekten, sprich parkenden Fahrzeugen. Per se ist ein Radarsensor besser geeignet, sich bewegende Objekte, wie Fahrzeuge, Flugzeuge oder laufende Personen zu erfassen. Mittels Hintergrundschätzung und diverser weiterer Algorithmen lassen sich nun mittels des Siemens-Radars auch stehende Fahrzeuge sicher erkennen. Die Rahmenbedingungen im realen Umfeld sind hier jedoch eine große Herausforderung, wie z. B. sich bewegende Baumkronen, fließender Verkehr (Fahrzeuge und Personen) und weitere Faktoren. In der folgenden Grafik wird die prozessuale Signalverarbeitung in der Übersicht als Prozesskette mit den verschiedenen Verarbeitungsschritten und Filterfunktionen dargestellt (siehe Abbildung 10).

Overview of Processing Chain:

- First part: run in every measurement cycle



- Second part: run only every few (5) seconds for applications which do not need high update rates (e.g., parking) and to keep data rates low

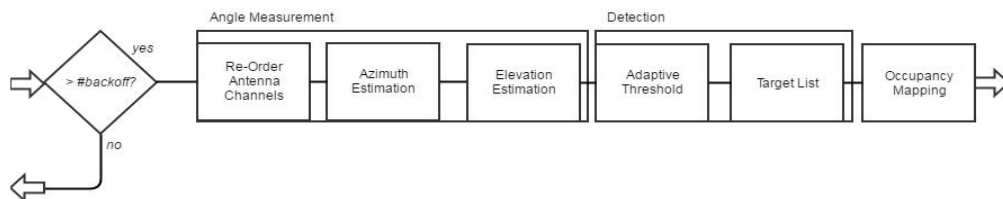


Abbildung 10: Prozesskette der Algorithmik der Radarsensoren

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>16/ 95</p>
--	---	--	-------------------

Die folgende Grafik zeigt die erfassten Radarbilder im Siemens-Testfeld München Perlach anhand eines stehenden Fahrzeuges an drei unterschiedlichen Positionen. (siehe Abbildung 11)

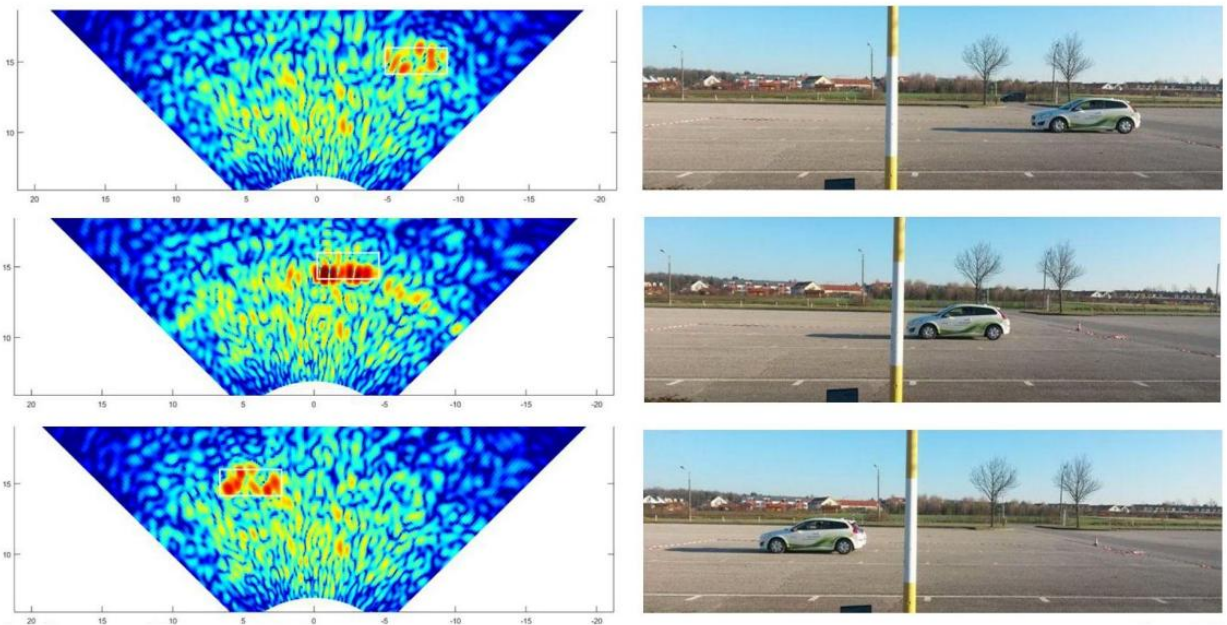


Abbildung 11: Reale Messungen im Siemens-Testfeld München Perlach

Zusätzlich zur Erkennung stehender Fahrzeuge wurde ein Algorithmus zur Fahrzeug-Geschwindigkeits- und Verkehrsdichteermittlung entwickelt und getestet. Zur Validierung der Messergebnisse wurden die sogenannten TEUs (Traffic Eye Units) von der VMZ Berlin installiert. Hierbei handelt es sich um Geräte aus dem Standard Produktportfolio von Siemens, die seit Jahren zur Geschwindigkeitsermittlung eingesetzt werden. Der Vergleich der TEU-Ergebnisse und des Radarsensors zeigt eine gute Übereinstimmung und indiziert, dass der Radarsensor auch für die Geschwindigkeits- und Verkehrsdichtemessungen geeignet ist.

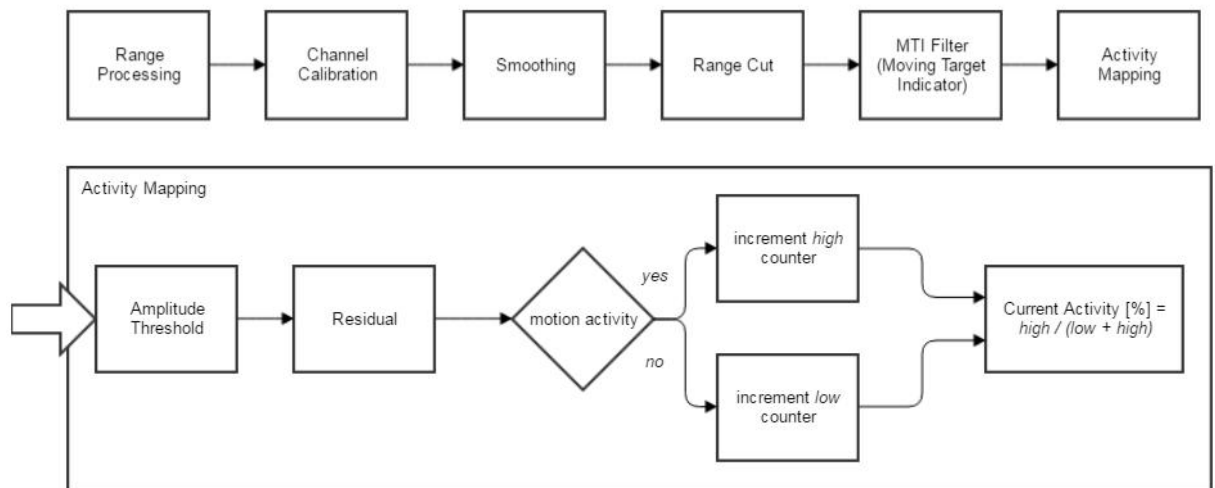


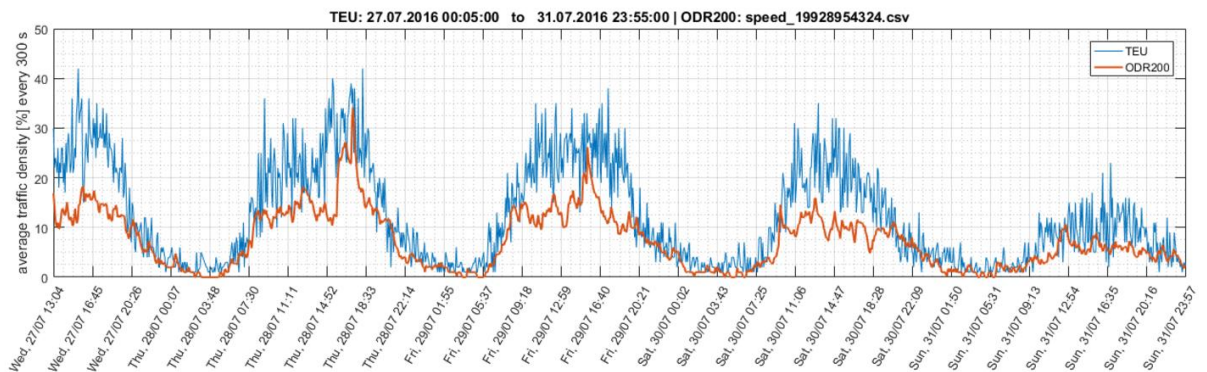
Abbildung 12: Prozessabbild zur Ermittlung der Verkehrsdichte



Abbildung 13: Installation der Radarsensoren zur Ermittlung der Verkehrsdichte

Comparison with TEU data, 27.07. - 31.07.2016:

Sensor 1:



Sensor 2:

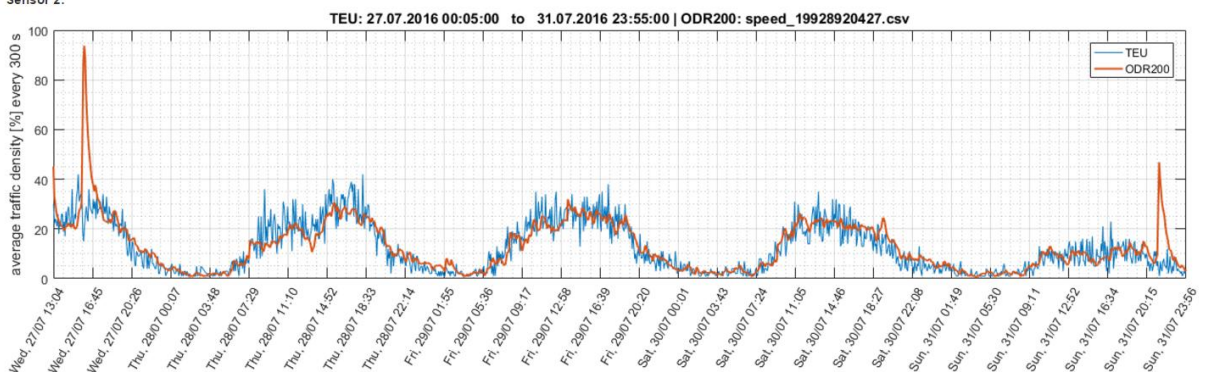


Abbildung 14: Vergleich der TEU-Daten mit denen vom Radarsensor

Sensor 1 - long-term data 27.07. - 17.08.2016

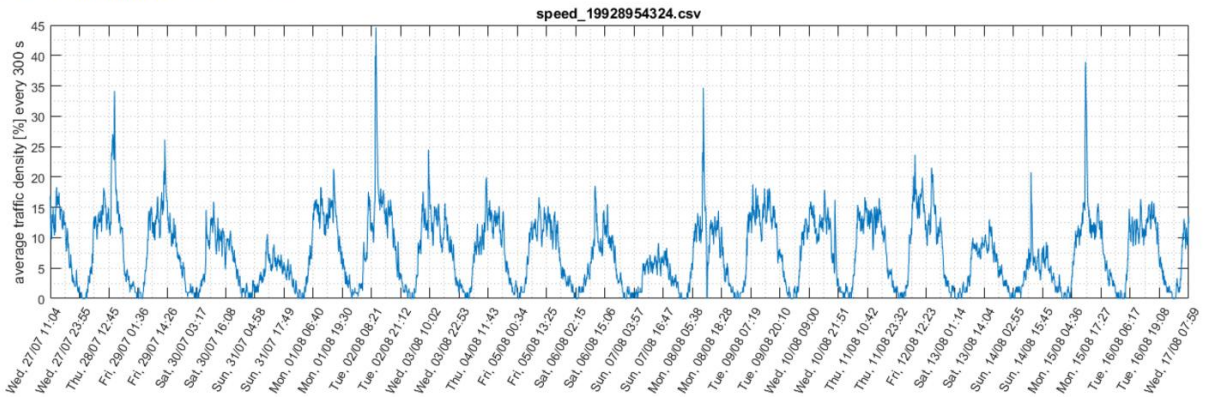


Abbildung 15: Ergebnis der Langzeitmessung der Geschwindigkeitsdaten vom Radarsensor

4.1.8 Systemplattform und Endanwender-App

Die Radarsensorik bietet erst zusammen mit einem leistungsstarken Backend einen sinnvollen Nutzen für Endanwender oder Kommunen und Städte. Das Backend empfängt, sammelt und verarbeitet die von der Sensorik übermittelten Daten, so dass die Gesamtlösung „Advanced Parking Management“ (APM) entsteht. Für Endanwender wie Autofahrer ist in diesem Zusammenhang die Information über freie Parkplätze, im Besonderen über freie Ladeparkplätze via Smartphone-App oder Navigationsgerät im Fahrzeug relevant. Kommunen und Städte wiederum benötigen eine Systemplattform, die die aktuellen oder historischen Parkdaten zur Verfügung stellt, um damit dann beispielsweise wieder eine Parkraumbewirtschaftung effizient durchführen zu können, bzw. überhaupt eine valide Datenbasis für die Parkraumbewirtschaftung zu haben.

4.1.8.1 Parking Control Center (Frontend der Systemplattform)

Das so genannte Parking Control Center (Leitwarte) konsolidiert die Daten der verschiedenen Parksensoren (und optional der sonstigen Verkehrsinformationen). Die Daten werden von der Systemsoftware entsprechend aufbereitet und dargestellt.

Im Berichtszeitraum wurden folgenden Features in die Systemsoftware implementiert:

- Stellplatzdetektion (Parking Space Detector)
- Setup Demo Layout für einige Parkplätze an der Ecke Handjerystraße, Bundesalle und Lindenstr. inkl. einer Simulation (später durch Echtdata ersetzt) zum Testen für die Partner
- Schnittstelle zum Ladesystem (VMZ, Vattenfall)
- Rollenmanagement (User, Region, Rolle)
- Datensicherheit (Security, Login, https)
- Vorhersagemodul (Forecast Probability Engine, durch DFKI)
- Messung der Verkehrsdichte

Im Laufe der Projektlaufzeit zeigten sich bei der entwickelten Systemplattform diverse Mängel, die inhärent der spezifischen Systemarchitektur zuzuweisen waren. Diese entwicklungspezifischen Mängel konnten nachträglich leider nicht mehr zu ökonomischen Bedingungen geändert werden, so dass eine komplett neue Systemarchitektur konzipiert und umgesetzt werden musste. In Abbildung 16 wird die erste Generation des Backends auf Basis der ursprünglichen Systemarchitektur dargestellt. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen dann das neue Backend. Dieses neue Backend basiert auf einer innovativen Systemarchitektur, die einen erheblich höheren Grad an Stabilität und Zuverlässigkeit aufweist.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>19/ 95</p>
---	---	--	-------------------

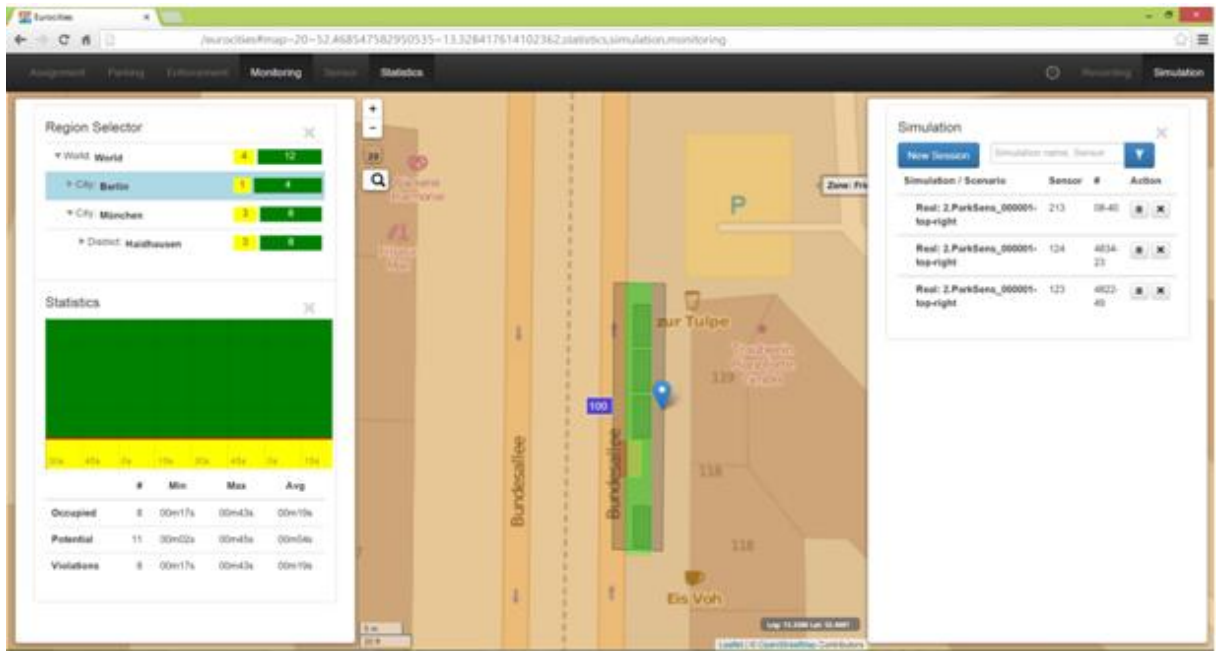


Abbildung 16: Frontend der Systemplattform (1. Generation) für kommunale Anwender: Statistiken zur Stellplatznutzung

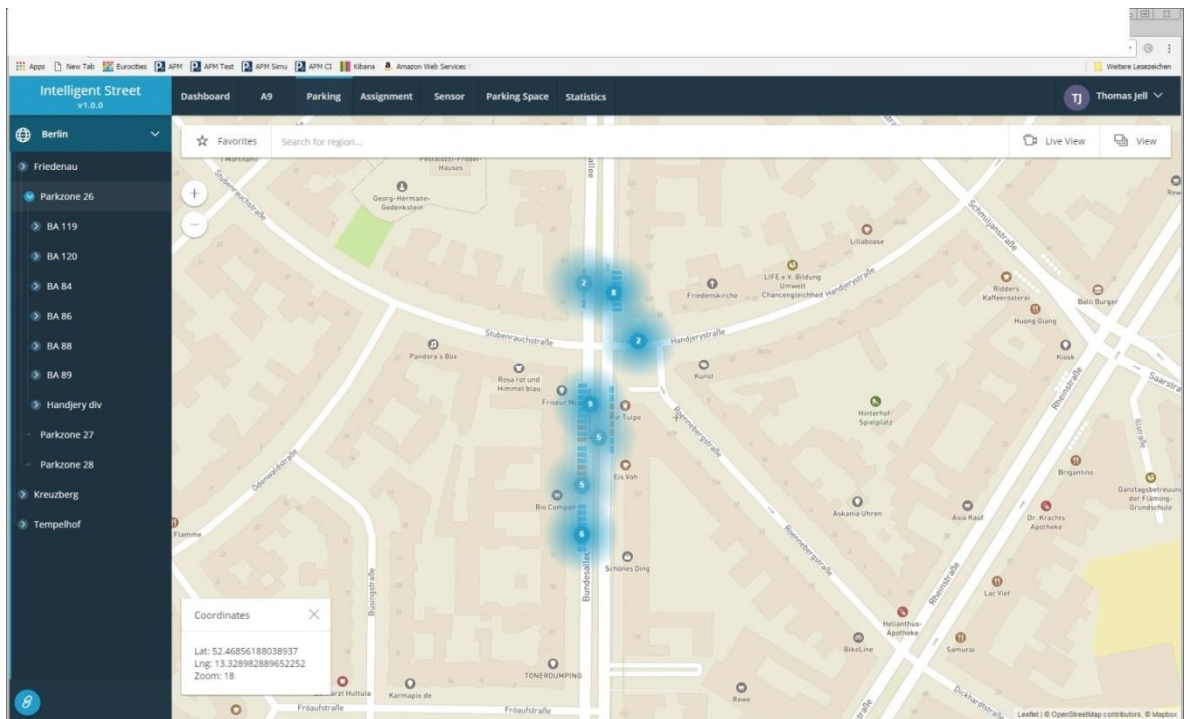


Abbildung 17: Detektion von Parkständen in Längs- und Queranordnung in der Bundesallee in der Übersicht, Darstellung der freien Plätze, Zoomlevel 18

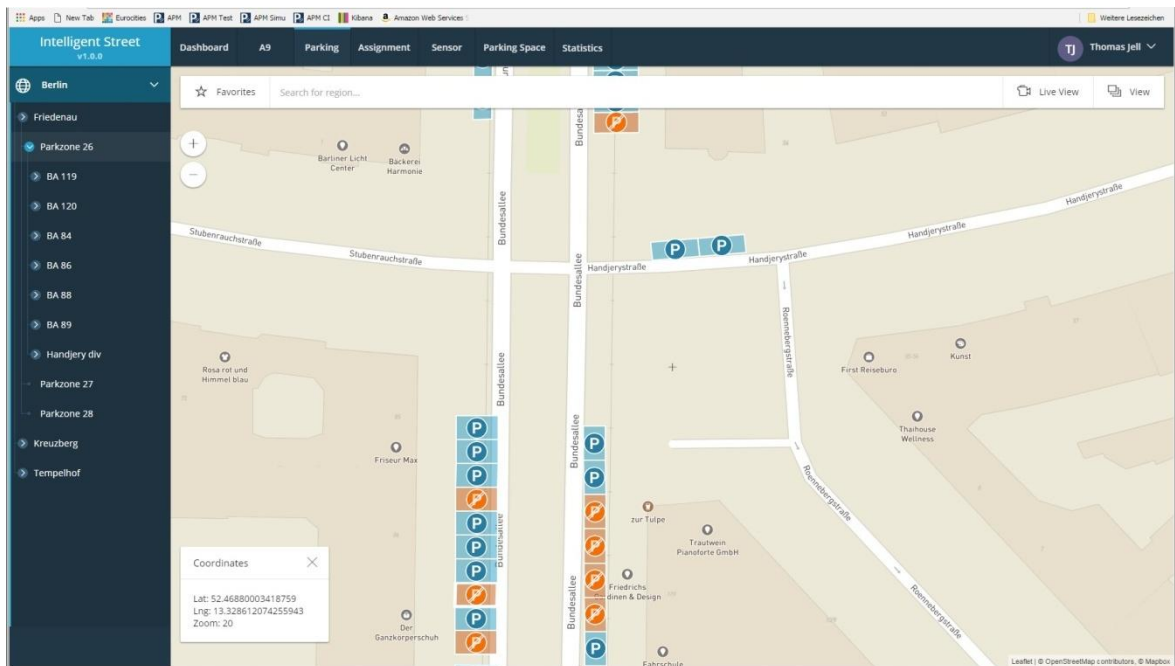


Abbildung 18: Detektion von Parkständen in Längs- und Queranordnung in der Bundesallee in der Detailansicht, Darstellung der freien und belegten Plätze, Zoomlevel 20

4.1.8.2 Endanwender-App (für Smartphones)

Die Smartphone-App dient in erster Linie dem Endanwender, um effizient Routen planen und freie Stellplätze finden zu können. Der Routenplaner der VMZ Berlin führt eine komplette Tür-zu-Tür-Wegeplanung, durch. Berücksichtigt werden entsprechend auch die Fußwege vom, bzw. zum Stellplatz. Der Routenplaner der VMZ Berlin berücksichtigt alle zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel wie ÖPNV und einige Car- und Bikeshaing-Anbieter. Darüber hinaus werden bereits Informationen zu Stellplätzen und Ladetechnik eingebunden. Die Information steht heute in der Berlin Mobil App zur Verfügung.

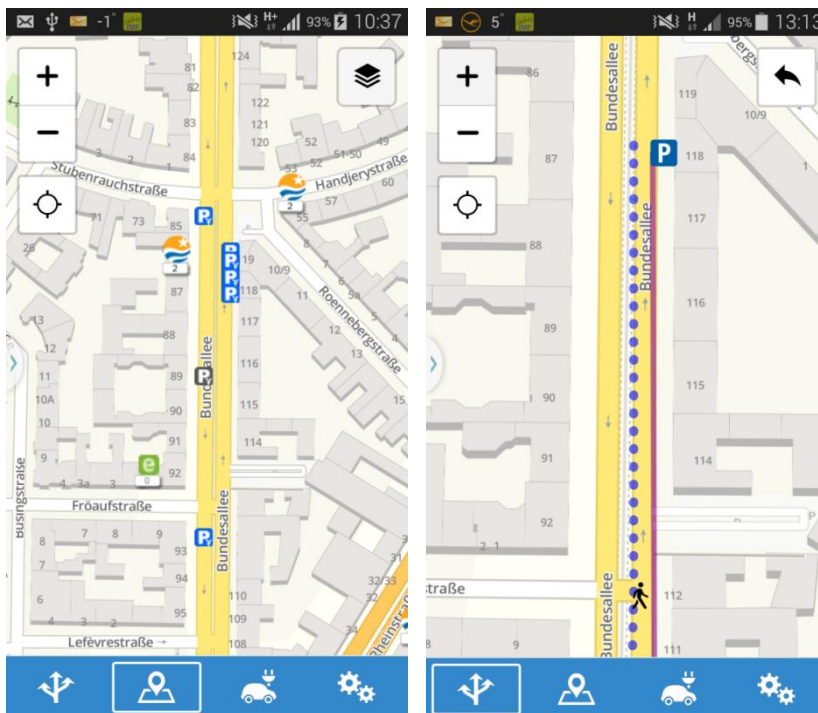


Abbildung 19: User Interface der Endanwender-App: Routenplanung und Anzeige freier Stellplätze

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	21/ 95
---	---	--	----------------------------



Abbildung 20: User Interface beim Navi: Routenplanung und Anzeige freier Stellplätze

4.2 Ergebnisbericht SenStadtUm: Laborgebiet Friedenau Berlin (AP Sen-7)

4.2.1 Einleitung

Das von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm) bearbeitete Arbeitspaket AP Sen-7 „Laborgebiet Berlin“ gliedert sich in drei Unterarbeitspakete. In AP Sen-7.1 wurden technische, infrastrukturseitige, nutzungsseitige, institutionelle und regelungsseitige Informationen für die Realisierung der Stellplatzdetektion im öffentlichen Raum aufbereitet und allen Projektpartnern zur Verfügung gestellt. Das Parkraumangebot sowie die Beleuchtungsinfrastruktur wurden in AP Sen-7.2 bzw. in AP Sen-7.3 analysiert. Im Folgenden werden alle von SenStadtUm bearbeiteten Fragen und gewonnenen Ergebnisse beschrieben.

4.2.1.1 Entwicklungen in Berlin

Berlin wächst wie viele Großstädte: die Einwohnerzahl wird von rund 3,5 Mio. in 2016 auf größenordnungsmäßig 3,8 – 3,9 Mio. im Jahr 2030 steigen. Mit der Einwohnerzahl wächst auch der Kfz-Bestand und damit die Nachfrage nach Parkraum. Das Parkraumangebot im öffentlichen Straßenland wird jedoch – im günstigen Fall – konstant bleiben. Der Handlungsbedarf, das in der hochverdichteten Innenstadt jetzt schon starken Nutzungskonkurrenzen ausgesetzte Gut „öffentlicher (Park-)Raum“ effizient zu organisieren wird somit weiter steigen: Anforderungen der Fußgänger, Aufenthaltsmöglichkeiten, Straßenbegrünung, Möglichkeiten zu gastronomischen Außensitzen, Flächen für den fließenden und ruhenden Verkehr. Beim ruhenden Verkehr, d. h. dem Abstellen von Fahrzeugen, konkurrieren zudem die Ansprüche von Bewohnern, Kunden, Beschäftigten, Schwerbehinderten, Lieferverkehren und von Privatbesuchern. Hinzu treten neue Ansprüche wie z. B. die Nachfrage nach öffentlichem Raum für Ladeinfrastruktur und der damit verbundenen Privilegierung von Parkraum für das Laden von Elektrofahrzeugen.

Entsprechend dem klima- und energiepolitischen Ziel: „Klimaneutrales Berlin 2050“ soll zum einen der energie- und klimaintensive Pkw-Verkehr reduziert und der öffentliche Raum hauptsächlich für den Umweltverbund zur Verfügung stehen. Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb sollen breit zum Einsatz kommen. Schon im Herbst 2016 sind rd. 300 diskriminierungsfrei nutzbare Ladepunkte im öffentlichen Raum verfügbar, bei denen ausschließlich Strom mit Herkunftsnachweis aus erneuerbaren Energien abgegeben wird. Die den Ladepunkten zugeordneten Parkstände werden mit einer Beschilderung nur für das Laden privilegiert.

Die Parkraumbewirtschaftung im öffentlichen Straßenland ist seit Ende der 1990er Jahre ein wichtiger Bestandteil der verkehrspolitischen Strategie des Berliner Senats. Die dadurch erzielte effizientere Nutzung des vorhandenen Stellplatzangebotes führt zu mehr „Ordnung“ im öffentlichen Straßenland

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	22/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

und einer besseren Aufenthaltsqualität. Darüber hinaus werden Gestaltungsspielräume für andere Verkehrsarten wie zum Beispiel das Abstellen von Fahrrädern geschaffen und die Verkehrssicherheit verbessert. Derzeit sind in Berlin 40 Parkzonen mit insgesamt rund 105.000 bewirtschafteten Stellplätzen im öffentlichen Straßenraum ausgewiesen. Die Parkraumbewirtschaftung konzentriert sich schon bisher nicht allein auf die innere Stadt, sondern schließt Gebiete außerhalb des inneren S-Bahn-Rings ein. Im Stadtentwicklungsplan Verkehr ist die schrittweise Ausdehnung der Parkraumbewirtschaftung auf alle Zielgebiete des Pkw-Verkehrs mit starker Parkraumnachfrage sowie die unmittelbar angrenzenden Wohngebiete als Maßnahme vorgesehen.

4.2.1.2 Strategie „Parkraum integriert denken“

Parkraum wird im öffentlichen Straßenland und auf privatem Grund angeboten, letzterer als „halböffentlicher Parkraum“ in Tiefgaragen, Parkhäusern oder Parkierungsflächen des Einzelhandels oder ausschließlich für einen definierten Nutzerkreis. Diese beiden Angebote stehen bisher getrennt nebeneinander. Die Folge sind Ineffizienzen und Konflikte auf der Seite der Nutzung, Parksuchverkehr mit allen nachteiligen Wirkungen, hohe und häufig nicht gedeckte Kosten für die Betreiber, bis hin zu Risiken für Einsatz- und Rettungsfahrzeuge, die durch Überbelegung des Parkraums ihre Ziele nicht oder nur mit Verzögerungen erreichen.

Im Hinblick auf die wachsende Parkraumnachfrage und das weitgehend stabile Angebot besteht die Notwendigkeit, den Parkraum künftig „integriert zu denken“, d. h. alle Angebote auf öffentlichem Straßenland und die halböffentlichen und privaten Pkw-Abstellmöglichkeiten als Teil eines Gesamtangebots zu betrachten. Halböffentlicher Raum ist dabei privater Grund, welcher öffentlich zugänglich ist. Gerade die halböffentlichen Stellplätze könnten ein Potenzial zur Entlastung des öffentlichen Straßenraums bieten, da diese meisten nur zu bestimmten Öffnungszeiten zur Verfügung stehen bzw. genutzt werden und außerhalb dieser häufig ungenutzt bleiben.

Eine digitale, IT-basierte Parkraumbewirtschaftung und eventuell -überwachung, für welche City2.e 2.0 Grundlagen liefert, könnte den halböffentlichen und öffentlichen Raum sowie die Funktionen des Ladens und Parkens verbinden.

Mit der verfügbaren bzw. zu entwickelnden Parkraumdetektion ist ein integriertes Parkraummanagement aus technischer Sicht bereits möglich. Informationen über das Angebot des öffentlichen und halböffentlichen Parkraums einschließlich der Funktionen des Ladens und Parkens können ohne rechtliche Hindernisse zusammen angeboten werden. Eine Reservierung und ein Freihalten von Stellplätzen – unabhängig ob zum Parken oder Laden – ist nur auf privatem Grund, d. h. im halböffentlichen Parkraum möglich. Künftig könnte eine gemeinsame Betreibergesellschaft für die öffentliche und halböffentliche Ladeinfrastruktur und die Ladeparkstände sowie eine vom Land betriebene IT-Plattform für die Umsetzung der Parkraumbewirtschaftung (Erfassung, Information, Gebührenerhebung, Überwachung) die Integrationsfunktion übernehmen. In Abbildung 21 sind diese Überlegungen in einer Matrix zusammengefasst dargestellt.

	Öffentlicher Raum		Halböffentlicher Raum	
	Parken	Laden	Parken	Laden
heute möglich: Parkraummanagement				
Information über das Angebot	●	●	●	●
Reservierung von Stellplätzen	●	●	●	●
Freihalten von Stellplätzen	●	●	●	●
eventuell künftig möglich: Betrieb der Parkraumbewirtschaftung				
Detektion der Anwohnerberechtigung	●	-	-	-
Erheben von Parkgebühren	●	-	●	-
Parkraumüberwachung	●	●	●	●
Detektion der Ladeberechtigung	-	●	-	●
ggf. Erheben von Ladegebühren	-	●	-	●

● realisierbar
 ● Klärungsbedarf
 ● heute nicht realisierbar

Abbildung 21: "Parkraum integriert denken"

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	23/ 95
--	------------------------------------	--	-----------

4.2.1.3 Strategie „Parkraum als System“

Eine Analyse und Beschreibung des öffentlichen und privaten Parkraums muss der Komplexität und Dynamik des „Parkraums als System“ gerecht werden. Die neue Parkraumnachfrage, etwa durch Carsharing-Fahrzeuge und Ladestellplätze einerseits, sowie der mögliche Rückgang der Parkraumnachfrage z. B. durch Carsharing-Angebote andererseits, sind nur wenige Einflussfaktoren eines komplexen und dynamischen Systems. Daneben bestimmen zahlreiche weitere, sich ebenfalls verändernde Einflussfaktoren (wie z. B. Arbeitsplätze, Verkaufsflächen des Einzelhandels) die Parkraumnachfrage.

Auch das Parkraumangebot unterliegt etlichen Einflüssen, wie tageszeitlich unterschiedlichen Parkregelungen sowie temporären Parkbeschränkungen, z. B. durch Baustellen und Umzüge. Um mögliche Auswirkungen von zusätzlichen verkehrlichen Nutzungen auf die Parkraumnutzung zu analysieren, muss daher die lokale Parkraum- und Stadtnutzung im Detail analysiert und verstanden werden. In Abbildung 22 ist das System des Parkraums dargestellt, bestehend aus den sich gegenseitig bedingenden Faktoren Parkraumangebot, -nachfrage und -regulierung (Parkraumbewirtschaftung und -überwachung) sowie aus den darauf wirkenden neuen verkehrlich Nutzungen und der infrastrukturellen Verdichtung. Weiterhin können statische und dynamische Effekte auf die Nutzungskonkurrenzen um den öffentlichen Raum differenziert werden. Unter statischen Effekten auf die Parkraumnutzung werden sowohl langfristige Veränderungen (z. B. im Pkw-Bestand) als auch zeitlich und räumlich unabhängige Veränderungen wichtiger Indikatoren (z. B. des durchschnittlichen Belegungsgrades in einem Gebiet) verstanden. Als dynamische Effekte werden dagegen vor allem tages- und wochenzeitliche Unterschiede bei wichtigen Indikatoren (z. B. beim Belegungsgrad) bezeichnet. Dabei ist unter anderem zu beachten, dass die Parkraumregulierung (Parkverbote, Behindertenparkplätze, Lieferzonen, baustellenbedingte Haltverbote usw.) erhebliche Relevanz erreichen.

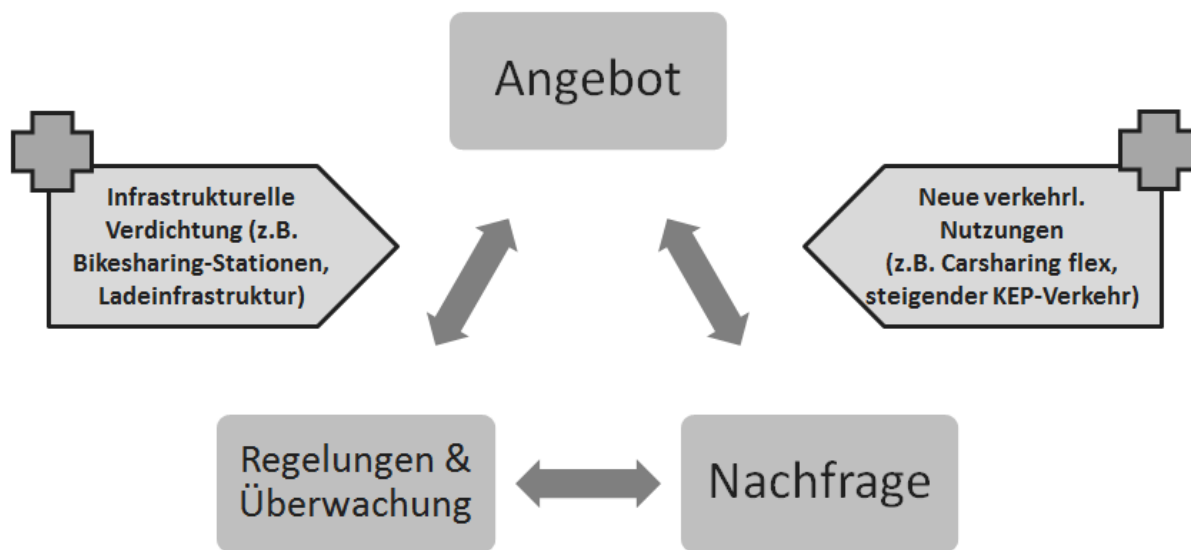


Abbildung 22: Parkraum als System

4.2.2 Das Laborgebiet und seine Rahmenbedingungen für die Erprobung von Detektionstechnik

Als Umsetzungsgebiet für die Erprobung der Detektionstechnik wurde das von der SenStadtUm bestimmte Laborgebiet Friedenau ausgewählt. Im Folgenden soll dieser methodische Ansatz erläutert, das Gebiet charakterisiert sowie das kleinräumige Umsetzungsgebiet dargestellt werden.

4.2.2.1 Methodischer Ansatz Laborgebiet

Als Laborgebiet wird ein abgegrenzter städtischer Teilraum verstanden, in dem verschiedene technische und soziale Innovationen mit räumlichem Fokus entwickelt, erprobt, demonstriert und untersucht werden. Durch die Konzentration auf ein bestimmtes Gebiet werden die Effekte von Maßnahmen besonders gut öffentlich sichtbar. Aufwändige Ermittlungen von sozioökonomischen

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	24/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Daten, von Daten zur Stadtnutzung und von Verkehrs- und Umweltdaten können für mehrere Untersuchungen und Projekte genutzt werden. So konnten beispielsweise Erkenntnisse aus dem vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit geförderten Projekt „WiMobil“ für City2.e 2.0 genutzt werden.

Das Laborgebiet Friedenau umfasst Bereiche der Ortsteile Friedenau, Schöneberg, Steglitz, Wilmersdorf und Schmargendorf in den Bezirken Tempelhof-Schöneberg, Steglitz-Zehlendorf und Charlottenburg-Wilmersdorf. Nördlich begrenzt wird das Laborgebiet durch die Trasse der Ringbahn und die BAB 100, östlich durch die Trasse der Wannesebahn und die BAB 103, südlich durch die AS Wolfensteindamm / Schlossstraße (Steglitzer Kreisel) und westlich durch die ehemalige BAB 104. Innerhalb und nahe den Grenzen des Laborgebiets befinden sich acht U-Bahnhöfe, sieben S-Bahnhöfe und sechs Ladesäulen für Elektrofahrzeuge auf öffentlichem Straßenland.

Das „Laborgebiet Steglitz-Friedenau“ wurde bereits 2011 gewählt, da das Gebiet durch zentrale Verkehrsachsen räumlich abgegrenzt ist und sich durch eine hohe Dichte und Vielfalt sowohl von Einwohnenden als auch Nutzungen auszeichnet (Abbildung 23). Friedenau ist zudem aufgrund der hohen Nutzungsmischung, dem hohen Anteil gründerzeitlicher Gebäude und hohen Einwohnerdichte charakteristisch für weitere innerstädtische Teilräume in Berlin. Die vielfältigen und konkurrierenden Nutzungen im öffentlichen Raum führen hier zu einem hohen Handlungsbedarf. Aufgrund des hohen „Parkdrucks“ wird der öffentliche Parkraum in diesem Gebiet seit dem Jahr 2000 „bewirtschaftet“. Dafür sind kleinräumig differenzierte Regelungen festgelegt (u. a. Bewohnerparken).

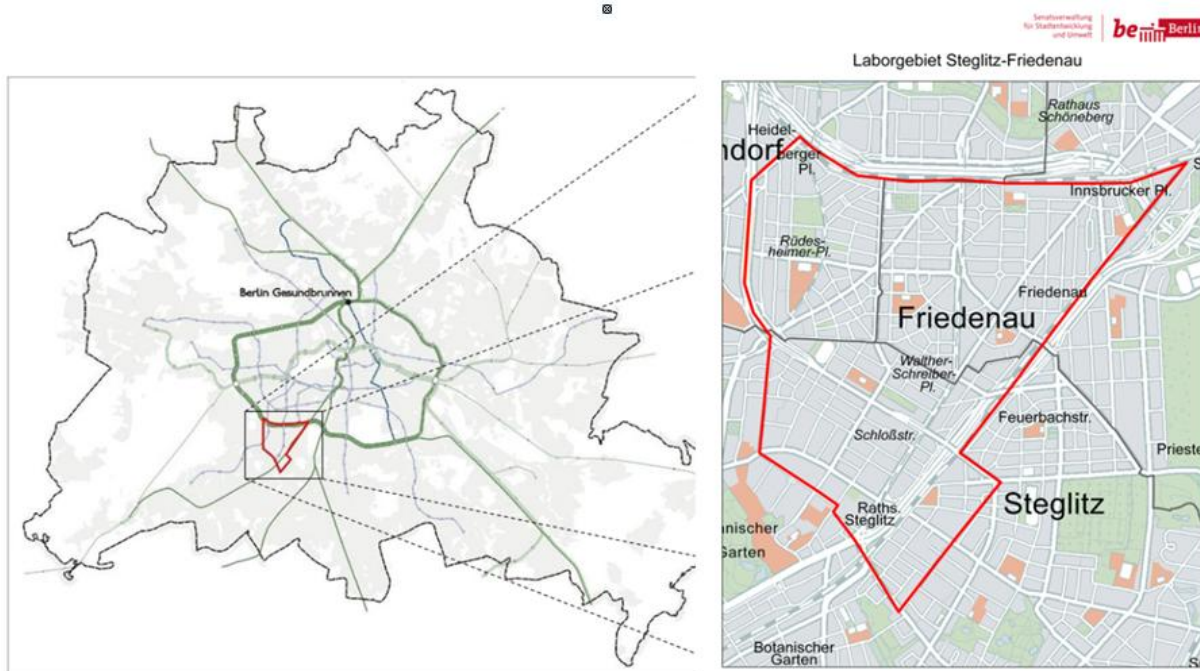


Abbildung 23: Laborgebiet Friedenau

4.2.2.2 Laborgebietsbeschreibung

In einem Teilraum (siehe Abbildung 24 blau umrandetes Gebiet) des Laborgebiets Friedenau, in welchem sich auch das Umsetzungsgebiet für die Detektionstechnik befindet, wurden 2015 im Rahmen des Forschungsprojektes WiMobil eine Haushalts- und Gewerbebefragung sowie eine Umfeldanalyse durchgeführt um das Gebiet zu charakterisieren. Das dabei betrachtete Untersuchungsgebiet hat eine Fläche von 18 ha, die Einwohnerdichte betrug 2015 rund 262 Personen pro ha. In den an das Untersuchungsgebiet angrenzenden Blöcken wohnen rund weitere 6.200 Personen. Die ansässigen Unternehmen konzentrieren sich vorwiegend an den Hauptverkehrsstraßen Bundesallee sowie Rheinstraße. Im westlichen Bereich des Untersuchungsgebiets überwiegt die Wohnnutzung. Im südlichsten Block des Untersuchungsgebiets liegt das Schloss-Straßen-Center, dieses ist Teil der Einkaufsstraße Schloßstraße. Zusammen mit dem Alexanderplatz und dem Kurfürstendamm gehört die Schloßstraße zu den wichtigsten Einkaufsgebieten Berlins. Bundesallee und Rheinstraße setzen die Einkaufsstraße nach Norden hin fort. Innerhalb des Untersuchungsgebiets gibt es keinen Schulstandort. Nordwestlich des Untersuchungsgebiets grenzen

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>25/ 95</p>
---	---	--	-------------------

das Paul-Natorp-Gymnasium und die Stechlinsee-Grundschule an. Östlich des Untersuchungsgebietes liegt die Fläming-Grundschule. Das Untersuchungsgebiet ist hervorragend durch den ÖPNV erschlossen und ein Großteil der Bevölkerung muss maximal 300 m zu einer Haltestelle zurücklegen.

Die durchschnittliche Haushaltsgröße lag 2015 bei 2,1 Personen (1.133 Personen bei 541 auf diese Frage antwortenden Haushalten). Ein Drittel der Haushalte waren Ein-Personenhaushalte. Zum Vergleich: die durchschnittliche Haushaltsgröße sowohl in Berlin, im Bezirk Tempelhof-Schöneberg als auch bei der SrV Friedenau betrug 1,8 Personen⁶. Der Anteil der Einpersonenhaushalte betrug in Berlin 54 %, im Bezirk 53 % und nach der SrV Friedenau 54 %.

In der Befragung 2015 lebten in 147 Haushalten insgesamt 227 Personen unter 18 Jahren im Haushalt. Dies entspricht einer Quote von 1,5 Personen unter 18 Jahren pro Haushalt. Über alle Haushalte gab es 0,41 Personen unter 18 Jahren pro Haushalt. Dieser Wert ist höher als die Werte für Berlin und den Bezirk, bei denen die Quote 0,27 bzw. 0,26 Personen unter 18 Jahren pro Haushalt beträgt.⁷

Die Altersverteilung der Personen verglichen mit den Bevölkerungszahlen von Friedenau ergibt größere Abweichungen vor allem bei der Altersgruppe der 18- bis unter 27-Jährigen, die erheblich unterrepräsentiert sind. Dennoch bildet die Altersstruktur der antwortenden Personen relativ gut die Altersstruktur in Friedenau⁸ ab. Beim Vergleich der Daten ist zu beachten, dass die Altersgruppengrenze der Statistik für Friedenau bei 27 Jahren liegt (im Gegensatz zu den für Gesamt-Berlin vorliegenden Daten).

Im Vergleich mit dem Land Berlin gibt es größere Unterschiede. Vor allem die Gruppe der 45- bis unter 65-Jährigen ist bei der Befragung größer als der Berliner Vergleichswert⁹. Die Altersgruppen unter 20 Jahren können nicht verglichen werden, da in der Berliner Statistik Personen unter und über 18 Jahren nicht extra ausgewiesen werden. Es gibt ausschließlich Angaben für eine Altersgruppe zwischen 15 und unter 20 Jahren. Der Vergleich mit den Berliner und Friedenauer Vergleichswerten zeigt, dass junge Personen bis 35 Jahren unterrepräsentiert sind. Hier scheint die Bereitschaft, an einer Befragung teilzunehmen, besonders gering zu sein.

Hinsichtlich des Schulabschlusses sind Personen mit Hochschulreife überrepräsentiert. Auch wenn berücksichtigt wird, dass in der Statistik des Bezirks Minderjährige ohne Schulabschluss enthalten sind, ändert sich die Grundaussage nicht.

Ähnlich ist es bei den beruflichen Ausbildungs- und Hochschulabschlüssen der antwortenden Personen. Personen mit Fachhochschul- oder Hochschulabschluss sind überrepräsentiert. Auch hier gilt, dass bei den Bezirksdaten Minderjährige in der Kategorie „(noch) ohne Berufsausbildung“ mit erfasst sind.

Der überwiegende Anteil der antwortenden Personen war in Vollzeit erwerbstätig. Ein Vergleich mit der offiziellen Statistik war aufgrund des anderen Zuschnitts der Kategorien nicht möglich. Bei der hier vorliegenden Befragung wurde sich an den Kategorien der SrV orientiert. Diese wurde zuletzt 2013 durchgeführt. Durch die im Vergleich zu den Bezirksdaten überdurchschnittliche Schul- und Hochschulbildung der antwortenden Personen, ist der höhere Anteil an überdurchschnittlichen Haushaltsnettoeinkommen erklärbar. Das mittlere Haushaltsnettoeinkommen im Bezirk Tempelhof-Schöneberg beträgt 1.875 €, im Land Berlin beträgt dies 1.675 €.

64 % der Haushalte in 2015 verfügen über mindestens einen Pkw im Haushalt. 59 % der antwortenden Personen konnten jederzeit und 5% gelegentlich auf einen Haushalts-Pkw zugreifen. Der Ausstattungsgrad der teilnehmenden Haushalte mit Pkw war höher als der Ausstattungsgrad aller Berliner Haushalte. Nach der im Jahr 2013 zuletzt durchgeführten Verkehrsbefragung innerhalb der SrV hatten 60 % der Berliner Haushalte mindestens einen Pkw. In der Innenstadt („großer Hundekopf“), deren räumlichen Struktur der des Untersuchungsgebiets ähnelt, hatten nur 48% der

⁶ Die Werte für Berlin und den Bezirk Tempelhof-Schöneberg stammen aus: Ergebnisse des Mikrozensus im Land Berlin 2013 : Haushalte, Familien und Lebensformen: Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Hrsg.). Potsdam, März 2015. (Statistischer Bericht A | 11 – j / 13).

SrV: Ahrens, Gerd-Axel et al.: Tabellenbericht zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2013 in Berlin Friedenau (Lagegebiet), TU Dresden, Dresden 04/2015.

⁷ Die Werte für Berlin und den Bezirk Tempelhof-Schöneberg stammen aus: Ergebnisse des Mikrozensus im Land Berlin 2013 : Haushalte, Familien und Lebensformen: Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Hrsg.). Potsdam, März 2015. (Statistischer Bericht A | 11 – j / 13).

⁸ Einwohnerinnen und Einwohner in Berlin am 31.12.2014 nach LOR-Bezirksregionen und Altersgruppen.

⁹ Ergebnisse des Mikrozensus im Land Berlin 2013 : Haushalte, Familien und Lebensformen: Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Hrsg.). Potsdam, März 2015. (Statistischer Bericht A | 11 – j / 13)

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	26/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Haushalte einen Pkw. Der Unterschied bestätigt sich bei der Betrachtung des Motorisierungsgrades je 1.000 Einwohnende. Die antwortenden Haushalte in 2015 besitzen 407 Pkw. Das entspricht einer Quote von 359 Pkw pro 1.000 Einwohnenden Zum Vergleich: Die Quote für die Verkehrszelle betrug 314 Pkw pro 1.000 Einwohnenden. Die höheren Werte der antwortenden Haushalte hängen vermutlich damit zusammen, dass sich hauptsächlich Pkw-affine Haushalte an der Befragung beteiligt haben. Dies bestätigt sich durch den im Vergleich zu Berlin hohen Anteil an Personen mit Führerschein. Sowohl 2015 als auch 2013 verfügen 94 % der antwortenden Personen über einen Pkw-Führerschein. Berlinweit betrug dieser Wert 80 %¹⁰.

44 % der Personen besaßen 2015 eine Zeitkarte für den öffentlichen Verkehr (ÖV). Weitere 13 % teilen sich eine Zeitkarte mit einer anderen Person im Haushalt.

Insgesamt betrachtet verfügt das Untersuchungsgebiet damit über ein überdurchschnittlich hohes Einkommens- und Bildungsniveau, welches auf ein ebenso überdurchschnittlich gutes Verkehrsangebot (ÖPNV, Carsharing, privater Pkw und Straßennetz) und innenstadtähnliche Strukturen (u. a. fußläufig erreichbare Geschäfte, Arztpraxen und weiteren Einrichtungen) aufweist. In Verbindung mit den „hochmobilen“ Bewohnern des Gebiets liegen im Wesentlichen ebenso gute Voraussetzungen für die Nutzung und Etablierung neuartiger bzw. alternativer Verkehrsangebote vor.

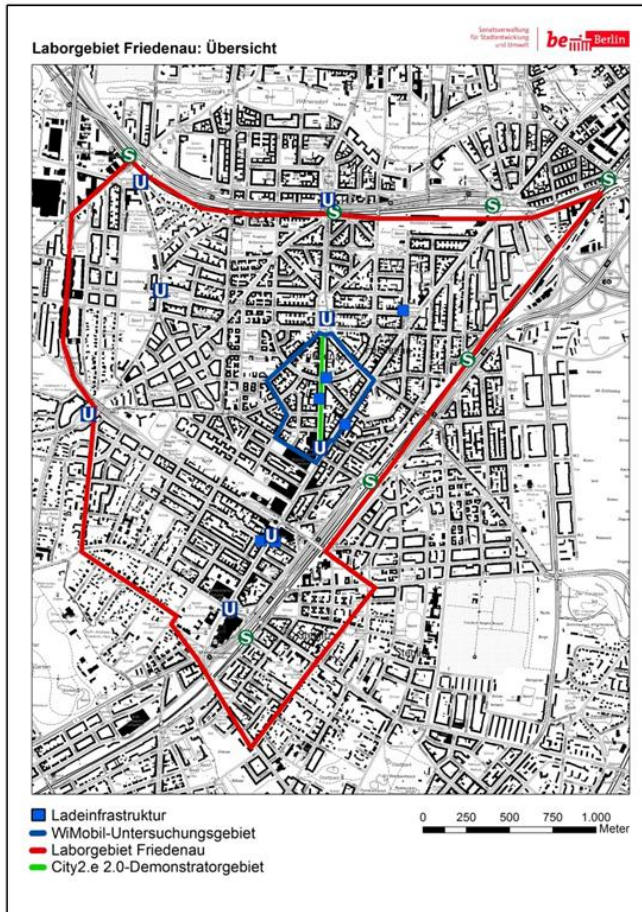


Abbildung 24: Übersichtskarte Labargebiet Friedenau

¹⁰ Aus: Mobilität in Brandenburg und Berlin Integrierte Auswertung MiD und SrV 2008. ifas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH, Bonn in Kooperation mit Technischer Universität Dresden, 2010.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>27/ 95</p>
---	---	--	-------------------

4.2.2.3 Das Umsetzungsgebiet für die Detektionstechnik

Die Parkraumsensorik und die dazugehörige Technik wurden in einem Abschnitt der Berliner Bundesallee, zwischen Walther-Schreiber-Platz und Friedrich-Wilhelm-Platz, installiert (siehe Abbildung 24, grün markierter Straßenabschnitt). Dieser Straßenabschnitt befindet sich im Berliner „Lagegebiet Friedenau“ (siehe Abschnitt 4.2.2). Auf dem gewählten Straßenabschnitt der Bundesallee besteht eine hohe Nutzungskonkurrenz, da sich am südlichen Ende Einkaufszentren mit Parkhäusern befinden und am nördlichen Ende vorrangig Wohnbebauung vorhanden ist. Dazwischen befinden sich einige Einzelhandelsunternehmen, die Stellplätze auf halböffentlichen Flächen vorhalten, welche in eine Parkraumanalyse mit einbezogen wurden.

Ausschlaggebend für die Bestimmung des Realisierungsortes für City2.e 2.0 war das Vorhandensein eines hohen Parkdrucks (siehe Abschnitt 4.2.2). In den Tagesrandzeiten und Nachtstunden werden sowohl an Werktagen als auch an Wochenenden Auslastungsgrade der Parkstände im öffentlichen Raum von über 100% erreicht. Auf Grund der hohen Parkraumnachfrage wurde im Lagegebiet eine Parkraumbewirtschaftungszone eingerichtet.

Ferner lassen sich dort unterschiedliche Arten des Parkens vorfinden, welche später detektiert werden können – das Längs- und Querparken. Ein Schrägparken ist auf der Bundesallee nicht möglich und kann somit nicht in die weitere Betrachtung im Untersuchungsgebiet einbezogen werden.

Zudem sind auf dem Abschnitt der Bundesallee und an der angrenzenden Handjerystraße zwei Elektro-Ladesäulen mit jeweils zwei privilegierten Parkständen eingerichtet, die in die Detektion einbezogen werden können.

4.2.2.4 Analyse der Beleuchtungsinfrastruktur (AP Sen-7.3)

Neben der Beleuchtung in der Bundesallee – als City2.e-Demonstratorstandort – wurde die öffentliche Beleuchtungsinfrastruktur im gesamten Lagegebiet Friedenau auf ihre Tauglichkeit für zusätzliche An- und Einbauten, vor allem Detektionstechnik und Ladeinfrastruktur, untersucht. Die Stichprobe spiegelt die Heterogenität der öffentlichen Beleuchtung in Berlin wider. Von den etwa 224.000 Leuchten in Berlin werden ca. 187.600 elektrisch und ca. 36.400 mit Gas betrieben. Die Beleuchtung im Ostteil Berlins wird über ein eigenes Beleuchtungsnetz betrieben, im Westteil über das öffentliche Stromnetz. Es existieren in der Stadt mehr als 200 Leuchtentypen in weit über 1000 Ausführungen.¹¹

Die Datengrundlage bilden Auszüge aus der luxData-Datenbank, die vom Betreiber der öffentlichen Beleuchtung, der Vattenfall Europe Netzservice GmbH, und der zuständigen Abteilung in SenStadtUm (Abt. X OB) zur Verfügung gestellt wurden. Die Untersuchung und kartographische Darstellung der Ergebnisse erfolgte mit Hilfe der GIS-Software ArcGIS.

Insgesamt wurden anhand der Kriterien Betriebsart (elektrisch/Gas), Netzanschluss (eine oder mind. zwei Phasen) und Baujahr der Masten (vor oder nach dem Jahr 2000) 3101 öffentliche Beleuchtungsmasten bei der Analyse betrachtet. Damit ein Beleuchtungsmast als grundsätzlich geeignet für zusätzliche An- und Einbauten gilt, muss dieser mit Strom betrieben werden, einen mindestens zweiphasigen Netzanschluss aufweisen und der Mast sollte erst nach dem Jahr 2000 errichtet worden sein. Die in den einzelnen Analyseschritten als ungeeignet bezeichneten Beleuchtungsmasten werden in den folgenden kartographischen Darstellungen nicht weiter angezeigt.

4.2.2.5 Analyse der öffentlichen Beleuchtung im Lagegebiet Friedenau

Im Folgenden werden die Schritte der Analyse der Beleuchtungsmasten beschrieben und dargestellt:

- Schritt 1: Die **Grundgesamtheit** der untersuchten Beleuchtungsmasten im Lagegebiet Friedenau beträgt 3.101.
- Schritt 2: Die 3.101 Beleuchtungsmasten werden in diesem Analyseschritt auf ihren **Energieträger** (Betriebsart) untersucht. Mit Gas betriebene Beleuchtung gilt als grundsätzlich ungeeignet, da der zusätzliche Einbau von Detektionstechnik mit einem Anschluss an das öffentliche Stromnetz verbunden ist. Im Lagegebiet Friedenau werden aktuell 525 von 3.101 Beleuchtungsmasten (ca. 17%) mit Gas betrieben. Vor allem in den Bereichen um den Rüdeshheimer Platz im Nordwesten und in den Abschnitten Bennigsenstraße, Hänelstraße, Wielandstraße und Sponholzstraße im Nordosten des Lagegebiets wird vor allem Gas als Energieträger genutzt. Ein Großteil der Gasleuchten wurde im Lauf der Jahre 2015/2016 mit einem Anschluss an das öffentliche Stromnetz versehen und die Beleuchtungsköpfe durch

¹¹ Vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (2011/2015): Stadtbild Berlin Lichtkonzept. S. 38.

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	28/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

moderne, elektrische Varianten ersetzt. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass sich die Anzahl der durch Gas betriebenen Beleuchtungsmasten im Laborgebiet im Projektverlauf verringern hat. Eine Ausnahme bildet das Gebiet Rüdeshheimer Platz / Rüdeshheimer Straße als einer von 29 Bereichen in Berlin, die als städtebaulich relevante Flächendenkmale ausgewiesen sind. Die traditionelle Gasbeleuchtung unterliegt in diesen Gebieten dem Denkmalschutz und wird aus diesem Grund nicht umgerüstet.¹² Auch bereits auf Strom umgerüstete Leuchten können weiter für den Ein- und Anbau zusätzlicher Technik ungeeignet sein, da manche Masten aufgrund ihrer äußeren Beschaffenheit dem Denkmalschutz unterliegen.

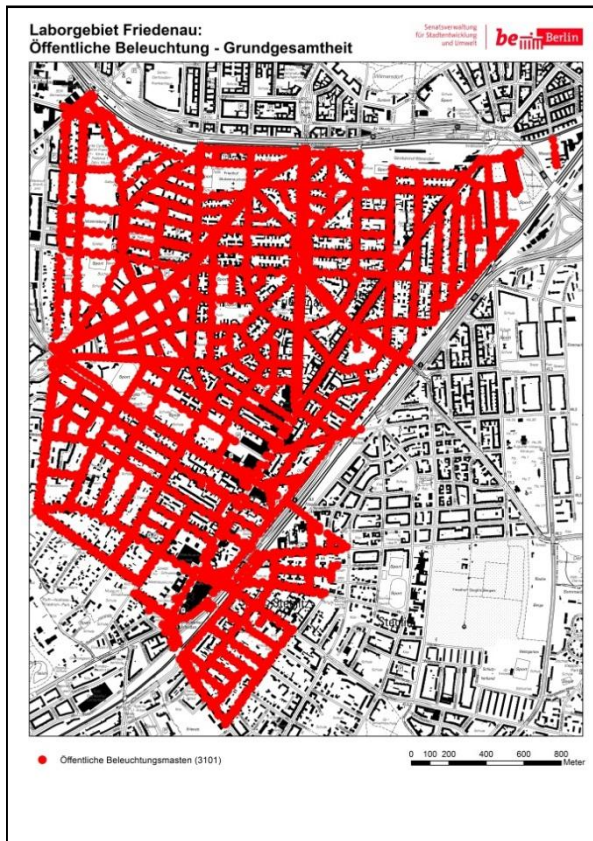


Abbildung 25: Grundgesamtheit der untersuchten Beleuchtungsmasten (3.101)

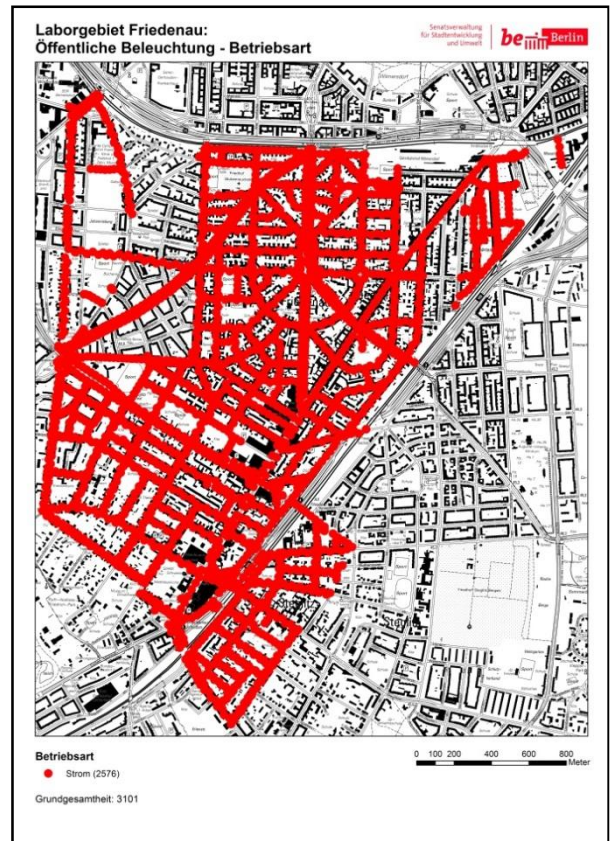


Abbildung 26: Über das öffentliche Stromnetz betriebene Leuchten (2.576)

- Schritt 3: Nach Abzug der 525 durch Gas betriebenen Leuchten werden 2.576 von 3.101 Beleuchtungsmasten, die über das öffentliche Stromnetz betrieben werden, im Analyseschritt **Netzanschluss** auf die Anzahl der vorhandenen Phasen (Leiter, die unter Spannung stehen) untersucht. Mindestens eine Phase ist für die Beleuchtung reserviert; an Netzanschlüssen mit nur einer Phase können keine zusätzlichen Verbraucher angeschlossen werden. Nach Aussage des Betreibers der öffentlichen Beleuchtung in Berlin, der Vattenfall Europe Netzservice GmbH, besitzen Leuchten mit einem Baujahr vor 1980 einen Netzanschluss mit nur einer Phase, ab 1980 ist der Netzanschluss mindestens zweiphasig. Bei 1.056 von 2.576 untersuchten Leuchten ist der Netzanschluss mindestens zweiphasig (ca. 34%, bezogen auf die Grundgesamtheit).
- Schritt 4: Im letzten Analyseschritt wird nach dem **Baujahr** der Beleuchtung unterschieden. Ältere Masten gewährleisten, wenn zusätzliche Technik am oder im Mast verbaut wird, unter Umständen keine ausreichende Standsicherheit. Als Grenze wurde das Jahr 2000 gesetzt. Von 1.056 Beleuchtungsmasten, die elektrisch betrieben werden und mit mindestens zwei Phasen

¹² Vgl. <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/beleuchtung/de/gaslicht/erhalt.shtml>, abgerufen am 17.06.2015.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>29/ 95</p>
---	---	--	-------------------

an das öffentliche Stromnetz angeschlossen sind, wurden 166 nach dem Jahr 2000 errichtet (ca. 5%, bezogen auf die Grundgesamtheit).

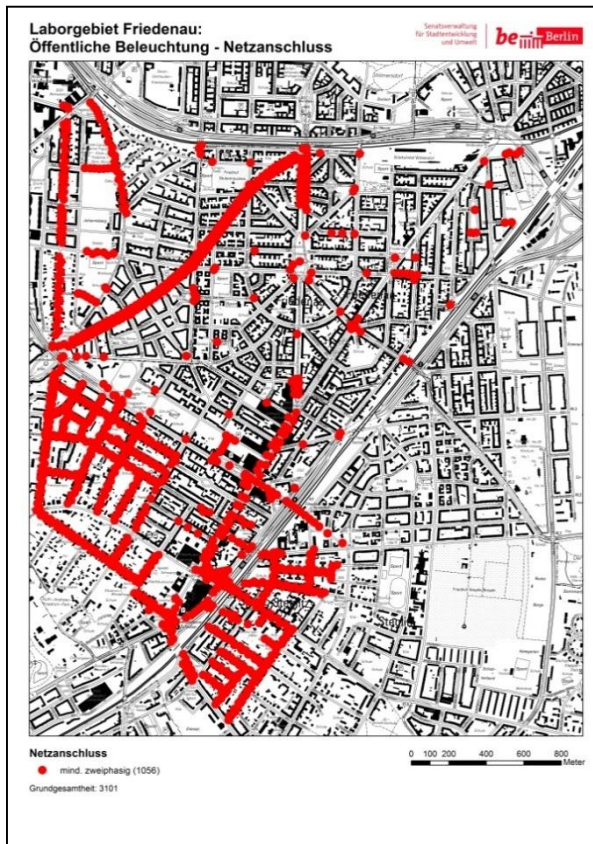


Abbildung 27: Öffentliche Beleuchtung mit einem mindestens zweiphasigen Netzanschluss (1.056)

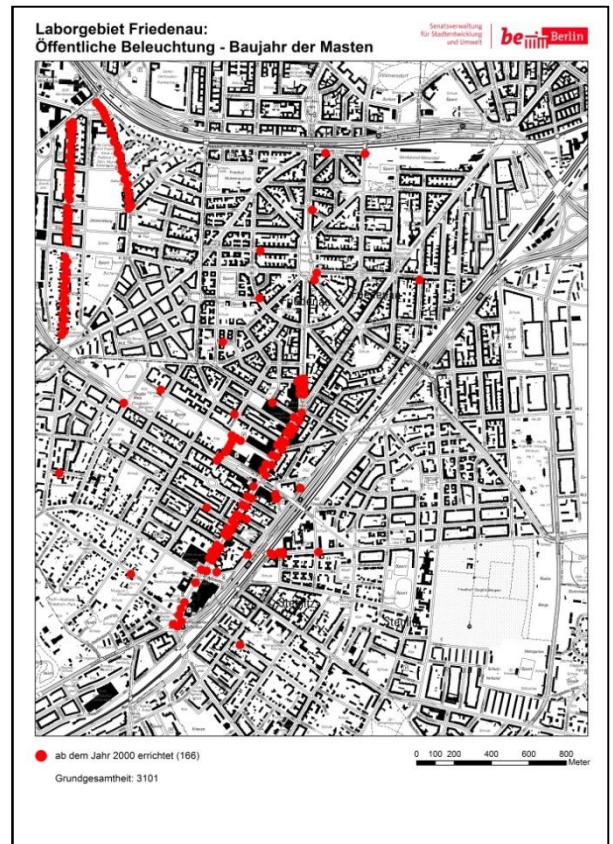


Abbildung 28: Masten, die nach dem Jahr 2000 in Betrieb genommen wurden (166)

Nach allen Analyseschritten bleiben von 3.101 untersuchten Leuchten im Laborgebiet Friedenau 166, also etwa fünf Prozent, die sowohl aufgrund ihrer Betriebsart, der Anzahl der Phasen im Netzanschluss und ihres Alters grundsätzlich für einen Ein- oder Anbau zusätzlicher Technik wie Detektion oder Ladeinfrastruktur geeignet sind.

4.2.2.6 Analyse der öffentlichen Beleuchtung im City2.e 2.0-Untersuchungsgebiet

- Schritt 1: Die **Grundgesamtheit** der analysierten Beleuchtungsmasten im City2.e 2.0-Untersuchungsgebiet beträgt 33. Für diese Leuchten wurden von Vattenfall Licht detaillierte Datenblätter mit allen relevanten Informationen zu Standort, Daten aller Instandsetzungen, Netzanschluss und Art der Leuchte zur Verfügung gestellt. Die Zusammenstellung und Herausgabe der Datenblätter geschieht bei Vattenfall nicht über eine Datenbank, weshalb nur für dieses kleine Gebiet in der Bundesallee genaue Informationen vorliegen.
- Schritt 2: **Netzanschluss**: Der Analyseschritt Betriebsart entfällt in diesem Gebiet, da alle Leuchten über das öffentliche Stromnetz betrieben werden. Von 33 untersuchten Leuchten sind 32 mit nur einer Phase, lediglich die Leuchte 210 vor dem Haus Bundesallee 86 ist mit zwei Phasen angeschlossen.
- Schritt 3: **Baujahr der Masten**: Von 33 analysierten Leuchten wurden 31 im Jahr 1968, Leuchte 1 vor dem Haus Handjerystraße 55 wurde 1969 in Betrieb genommen. Eine Ausnahme bildet wieder die Leuchte 210 vor dem Haus Bundesallee 86, diese wurde erst im Jahr 1985 in Betrieb genommen.

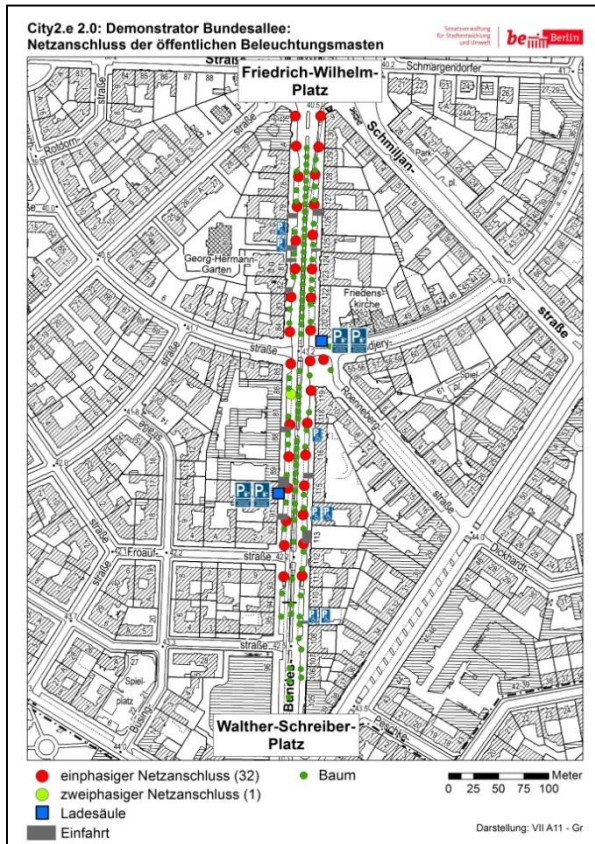


Abbildung 29: Anzahl der Phasen in der öffentlichen Beleuchtung

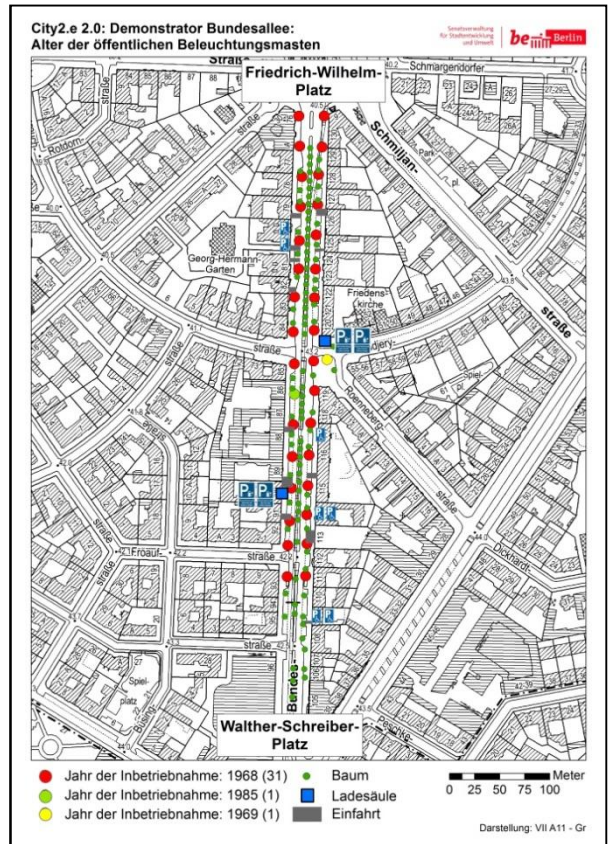


Abbildung 30: Jahr der Inbetriebnahme der Masten in der Bundesallee

Für einen uneingeschränkten Einbau von Detektionstechnik müssten mit Ausnahme von Leuchte 210 an der gesamten Beleuchtungsinfrastruktur im Untersuchungsgebiet die Netzanschlüsse erneuert und im ungünstigsten Fall der gesamte Beleuchtungsmast ersetzt werden.

4.2.3 Parkraumanalysen (AP Sen-7.2)

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse des Arbeitspakets „Parkraumanalysen AP Sen-7.2“ vorgestellt.

4.2.3.1 Parkraumangebot

Im Ergebnis einer manuellen Zählung des Stellplatzangebots im Untersuchungsgebiet (siehe Abbildung 24 blau markiertes Gebiet) wurden im Sommer 2015 insgesamt 1.184 öffentlich zugängliche Stellplätze im Straßenraum sowie in Parktaschen am Straßenrand bzw. Mittelstreifen gezählt. Das Gebiet ist bewirtschaftet und fällt in die Parkraumbewirtschaftungszone 26. In den Bewirtschaftungszeiten Mo-Fr von 9 bis 20 Uhr sowie Samstag von 8 bis 18 Uhr fallen Gebühren in Höhe von 0,25 € je Viertelstunde an. In einigen Straßenabschnitten ist das Parken den Anwohnenden vorbehalten. Zum Teil gilt dies nur in den Tagesrandzeiten. Das bedeutet, dass diese Parkstände nur zu den Geschäftszeiten mit einem Parkschein genutzt werden dürfen. Es sind außerdem drei Ladesäulen für Elektrofahrzeuge mit jeweils 2 Ladepunkten vorhanden. In Abbildung 31 ist das Angebot an Parkständen und die Bewirtschaftungsart dargestellt.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>31/ 95</p>
--	--	---	-------------------

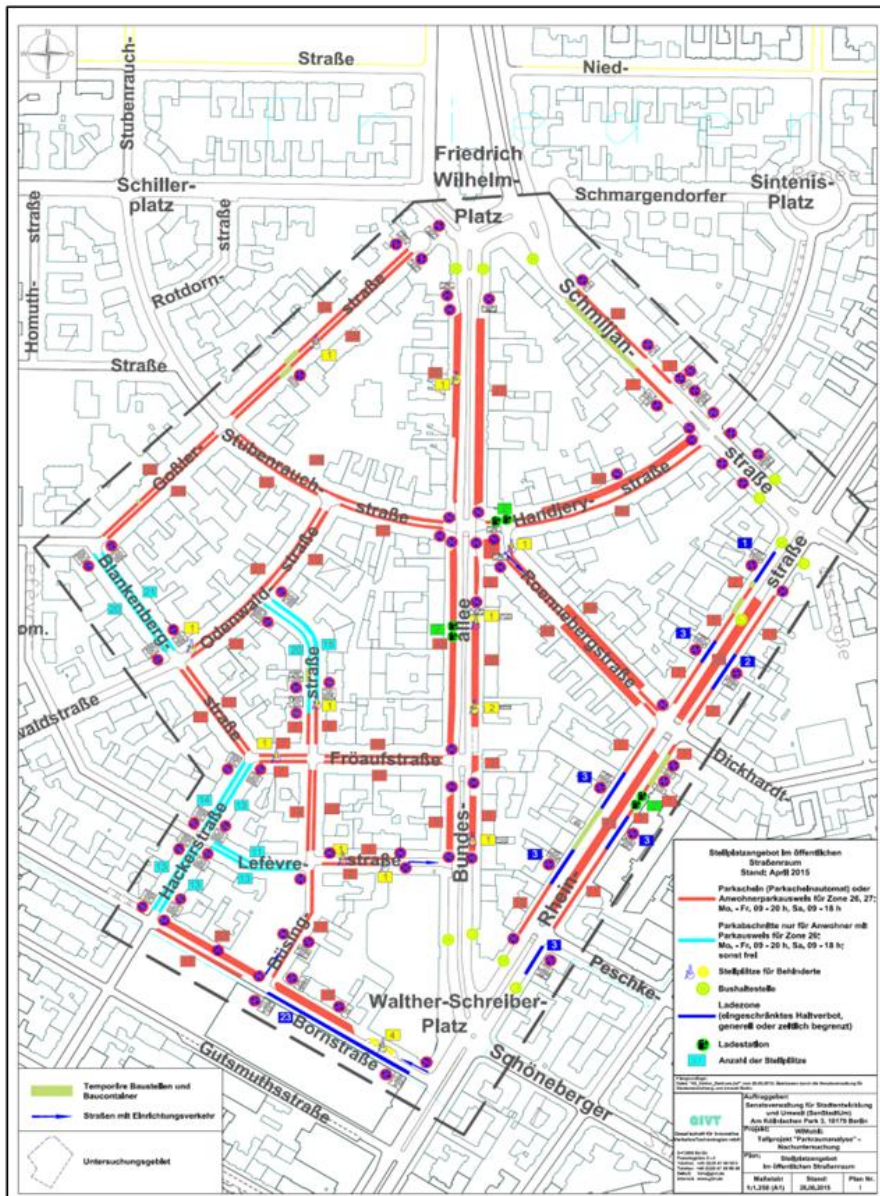


Abbildung 31: Angebot an Parkständen mit Bewirtschaftungsart und temporär nicht verfügbaren Parkständen

Rund 991 Parkstände sind mit Parkschein oder Anwohnerparkausweis, rund 153 nur mit Anwohnerparkausweis, rund 8 Behindertenstellplätze, 26 Parkstände im Bereich von Ladezonen und 6 Stellplätze an Ladestationen verfügbar (insg. 1.184 Parkstände). Durch Baustellen, Umzüge, Baucontainer oder andere temporäre Halteverbote konnten bei dieser Erhebung rund 49 Parkstände nicht zum Abstellen eines Fahrzeugs genutzt werden.

Im Untersuchungsgebiet wurden drei Ladesäulen mit je zwei abmarkierten Parkständen errichtet, an denen das Parken nur zum Laden von E-Fahrzeugen erlaubt ist (Zusatzzeichen 1026-60).

Auch im halböffentlichen Raum lassen sich im Untersuchungsgebiet Stellplätze identifizieren. Am südlichen Rand des Gebiets liegen zwei Shoppingcenter, bei welchen Parkhäuser mit kostenpflichtigen Stellplätzen vorgehalten werden. Im Schloss-Straßen-Center bietet ContiPark 365 Stellplätze und 16 Stellplätze für Menschen mit Behinderungen. Der Tagesticket-Preis liegt bei 5 €. Im Forum Steglitz stellt der Betreiber mfi 650 Stellplätze bereit. Ein Tagesticket kostet hier 3,50 €. Weiterhin können an der Bundesallee, auf dem REWE-Gelände, 23 Stellflächen während eines Einkaufs genutzt werden. Außerdem stehen auf einem Hinterhof der Bundesallee 115, 23 Stellflächen für das umgebene Gewerbe bereit (z. B. Jaques' Weindepot, Diäko, Bio Company usw.). In Abbildung

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>32/ 95</p>
---	---	--	-------------------

32 ist das Parkraumangebot im halböffentlichen Raum entlang des Demonstrationsgebietes der Detektionstechnik dargestellt.

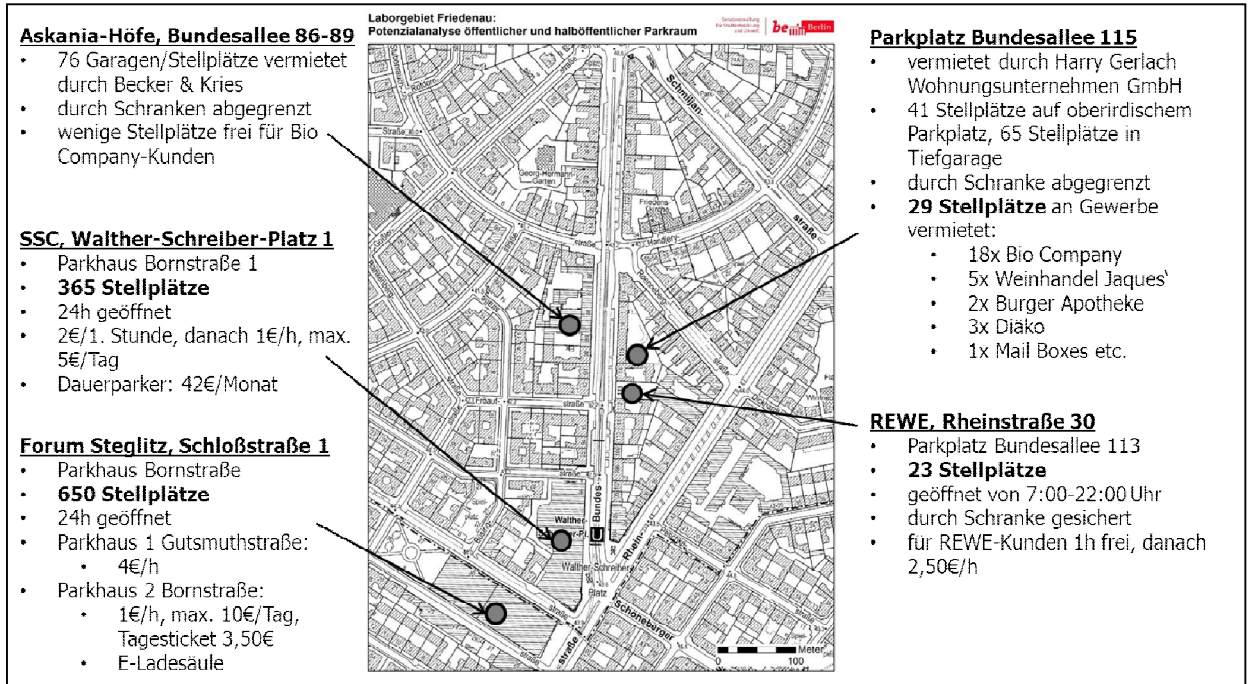


Abbildung 32: Parkraumangebot im halböffentlichen Raum

4.2.3.2 Parkraumnachfrage im öffentlichen Raum des Laborgebiets

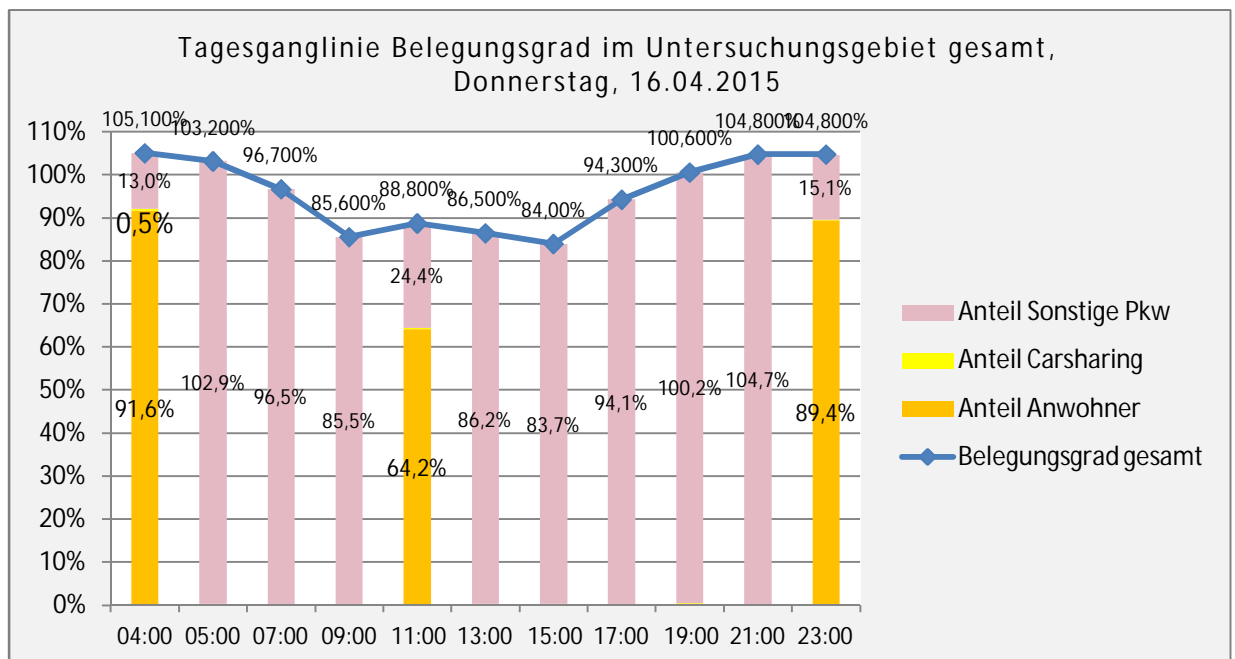


Abbildung 33: Auslastungsgrad der Parkstände im öffentlichen Straßenraum, Donnerstag

Abbildung 33 und Abbildung 34 verdeutlichen den hohen Parkdruck im Untersuchungsgebiet; vor allem in den Tagesrandzeiten und Nachtstunden (19:00 bis 06:00 Uhr) werden Auslastungsgrade der Parkstände im öffentlichen Raum von über 100% erreicht. Sowohl am Donnerstag (sog. Normalwerktag für Verkehrserhebungen), als auch am Samstag wurden in den frühen Morgenstunden

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	33/95
--	------------------------------------	--	--------------

sowie späten Abend- und Nachtstunden vielfach Belegungen von über 100 % gemessen. Die geringsten Auslastungen treten im Verlauf des Donnerstags zwischen Vormittag undzeitigem Nachmittag auf. Am Samstag bleibt der Auslastungsgrad auf einem insgesamt höheren Niveau als wochentags und erreicht am Abend seine höchsten Werte, in der Spitze rund 106 %.

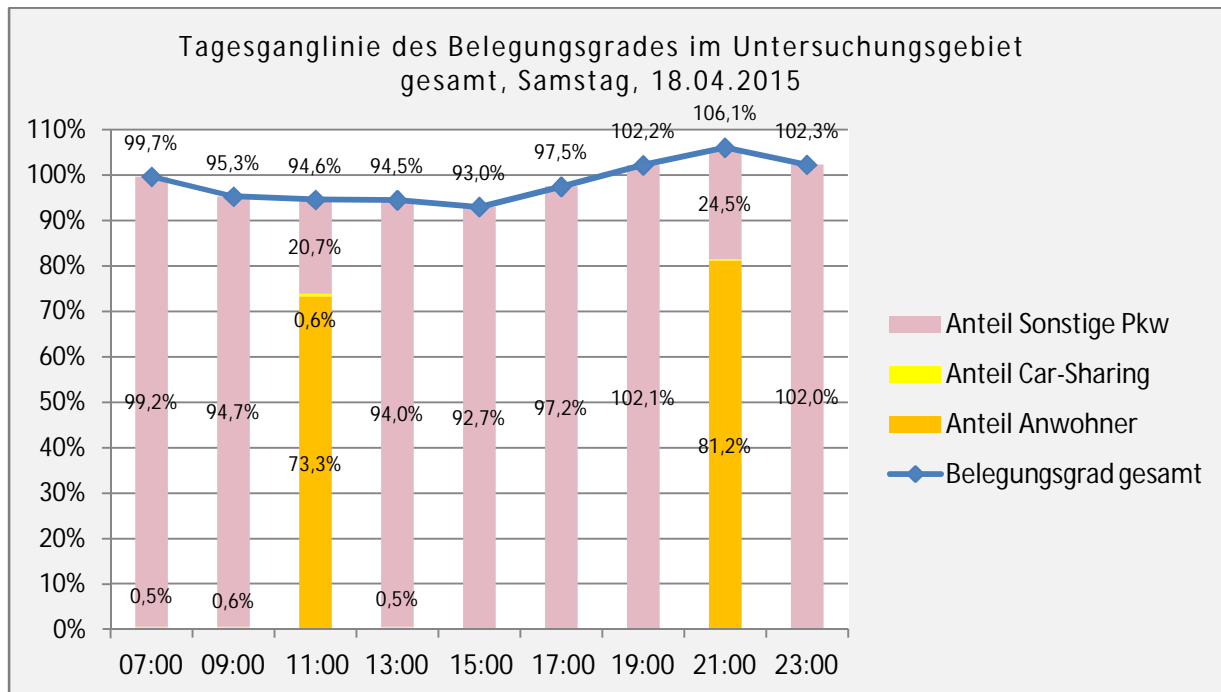


Abbildung 34: Auslastungsgrad der Parkstände im öffentlichen Straßenraum, Samstag

4.2.3.3 Langzeitparker Analyse

Im westlichen Teil des Untersuchungsgebiets, östlich begrenzt durch die Bundesallee, wurden in acht aufeinander folgenden Wochen, im Mai und Juni 2014, abgestellte Pkw auf ca. 810 Parkständen erfasst. Ziel war es dabei Fahrzeuge zu erfassen, welche zwischen zwei Erhebungswochen (bzw. witterungsbedingt zwischen mind. 5 Tagen) nicht bewegt wurden und so als Langzeit-Parker identifiziert werden konnten. Die wöchentlichen Begehungen fanden zumeist zwischen 9 und 12 Uhr statt, da hier ein geringerer Belegungsgrad zu erwarten war. Die Fahrzeuge wurden in vorbereiteten Erhebungskarten räumlich verortet, und eindeutig identifizierbare Teilkennzeichen notiert. Aufgrund des hohen Parkdrucks im Erhebungsgebiet konnte davon ausgegangen werden, dass bewegte Pkw nicht auf demselben Parkstand abgestellt werden konnten. Dies ist nicht der Fall für Behindertenparkstände, welche nur mit einer bestimmten Ausweisnummer benutzt werden dürfen, weshalb sie auch nicht in der Auswertung berücksichtigt wurden.

Insgesamt wurden im Untersuchungsgebiet 216 Pkw ermittelt, die mindestens fünf aufeinanderfolgende Tage auf einem Stellplatz standen, davon 32 Pkw, die mindestens zwei Wochen abgestellt waren. Die Zahl der Pkw, die zwischen 3 und 7 Wochen geparkt wurden liegt insgesamt bei 26 Fahrzeugen. Pkw, die für längere Zeit abgestellt wurden, werden höchstwahrscheinlich von Anwohnern gehalten, die gegen eine Verwaltungsgebühr von 20,40 € einen zwei Jahre gültigen Bewohnerparkausweis erhalten. Alle Pkw mit 6 bis 7 Wochen Standzeit waren mit einem Bewohnerparkausweis ausgestattet.

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	34/ 95
--	--------------------------------	---	-----------

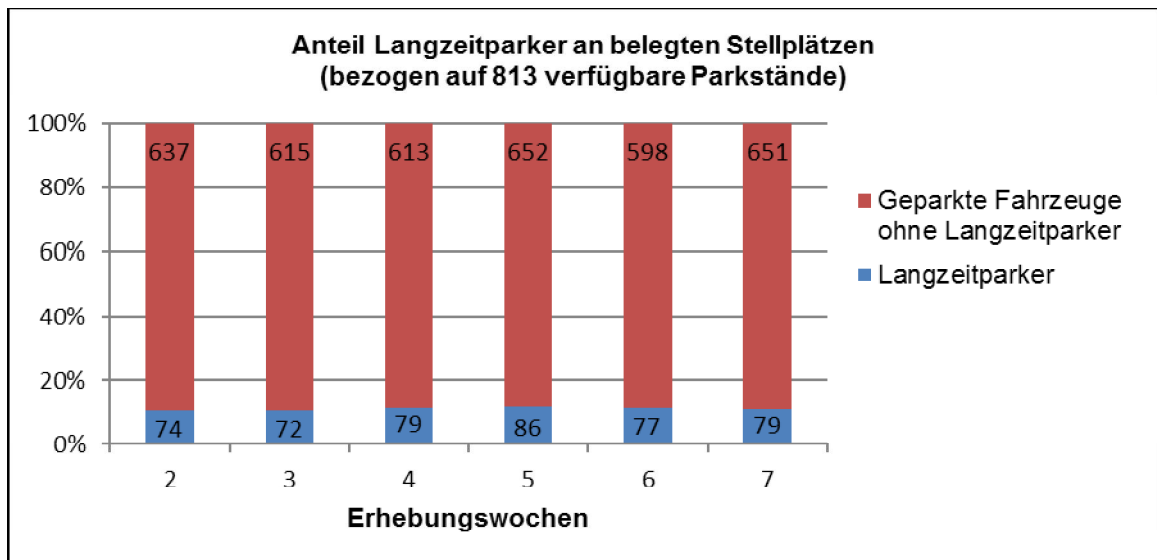


Abbildung 35: Anteil Langzeit-Parker an belegten Stellplätzen

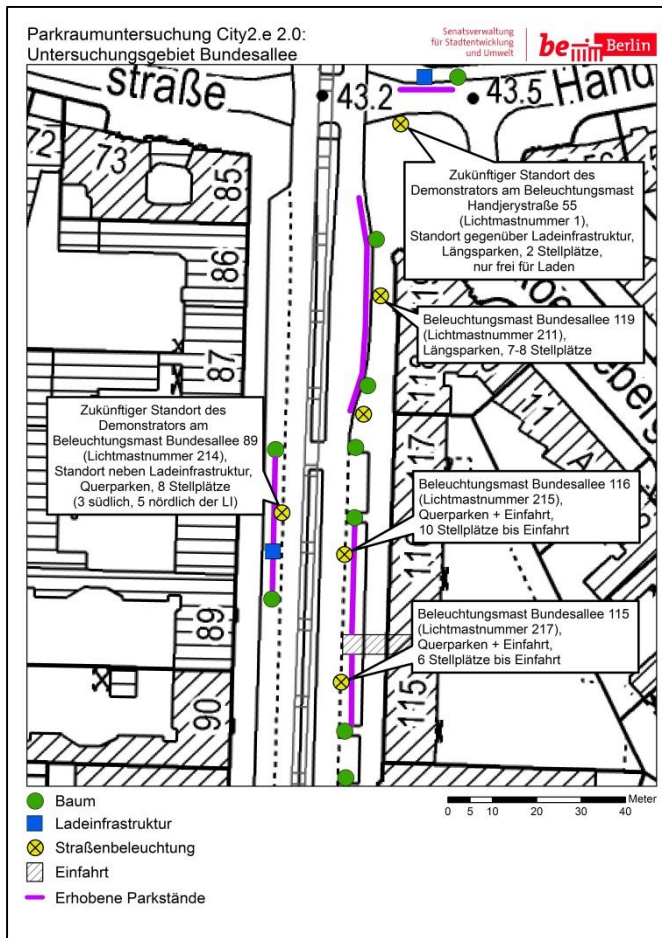
Der Anteil der Langzeit-Parker, gemessen an den gesamten öffentlich zur Verfügung stehenden Parkständen, liegt zwischen 9 % und 11 % (siehe Abbildung 35). In der Literatur sind keine vergleichbaren Untersuchungen zu finden; die mit dieser, in einer Parkzone mit Bewohnerparken durchgeführte Stichprobe ermittelten Ergebnisse, können daher nicht uneingeschränkt auf andere Teilräume der Stadt übertragen werden.

4.2.3.4 Kleinräumige Parkraumanalyse

Eine kleinräumige Langzeiterhebung der Parkraumnachfrage an 56 Parkständen wurde an 16 Tagen zwischen September 2014 und April 2015 durchgeführt, wobei drei Termine in den Schulferien lagen. Dazu wurde donnerstags von 8 – 11 Uhr und 15 – 18 Uhr im Viertelstundentakt eine Belegung erfasst. In Tabelle 1 sind die Erhebungstage und aufgetretene Besonderheiten aufgeführt.

Erhebung	Datum	Besonderheiten
1	04.09.2014	
2	11.09.2014	Halteverbot 7-17 Uhr auf 7 Parkständen
3	18.09.2014	
4	02.10.2014	vor Feiertag
5	09.10.2014	
6	16.10.2014	
7	23.10.2014	Herbstferien (Berlin)
8	27.11.2014	
9	04.12.2014	
10	18.12.2014	
11	08.01.2015	
12	15.01.2015	
13	22.01.2015	
14	29.01.2015	
15	02.04.2015	Osterferien (Berlin)
16	09.04.2015	Osterferien (Berlin), Halteverbot 7-18 Uhr, auf 6 Parkständen

Tabelle 1: Erhebungstage der kleinräumigen Parkraumanalyse



Zur Identifikation der geparkten Fahrzeuge wurden unter Wahrung des Datenschutzes eindeutig identifizierbare Merkmale von Pkw festgehalten, die Farbe des Fahrzeuges und das Vorhandensein eines Anwohnerparkausweises notiert. Im Haltverbot abgestellte Fahrzeuge sowie blockierte Stellplätze (durch nicht platzsparendes Parken, Container usw.) wurden auch erhoben. Mittels Begehungen wurde im Vorfeld die idealtypische Anzahl der Parkstände ermittelt werden, welche dann auf einem Erhebungsbogen räumlich verortet wurden. Die Grundgesamtheit enthält einen Parkstand für Menschen mit Behinderung und weitere vier an zwei Elektroladesäulen, welche mit dem Zeichen 283 „absolutes Haltverbot“ und dem Zusatzzeichen „Elektrofahrzeuge während des Ladevorgangs frei“ markiert sind. Dem Längsparken können zehn Parkstände und dem Querparken 46 zugeordnet werden. In Abbildung 36 sind die erfassten Parkstände lila markiert, diese wurde an dem ersten angedachten Einsatzort für die Detektion orientiert.

Abbildung 36: Untersuchungsgebiet der Parkraumerhebung

In der folgenden Abbildung 37 sind die erfassten Belegungsgrade dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Stellplatzauslastung der einzelnen Erhebungstage, sowie Stunden zwischen 80 % und 100 % streut, es liegt also eine allgemein hohe Stellplatzauslastung vor. Einige Extremwerte z. B. am 11.09.2014 mit einer Auslastung über 105 % am Vormittag lassen sich auf ein temporäres Haltverbot und eine damit verbundene Verringerung des Stellplatzangebotes zurückführen. Die durchschnittliche Stellplatzauslastung steigt zwischen 8 und 11 Uhr langsam von 87 % auf ein Maximum von ca. 93 % an. Am Nachmittag ist dieser Wert ungefähr gleichbleibend mit einer sinkenden Tendenz, um 16:30 Uhr wird allerdings nochmal ein Maximum von ca. 93 % erreicht.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>36/ 95</p>
---	---	--	-------------------

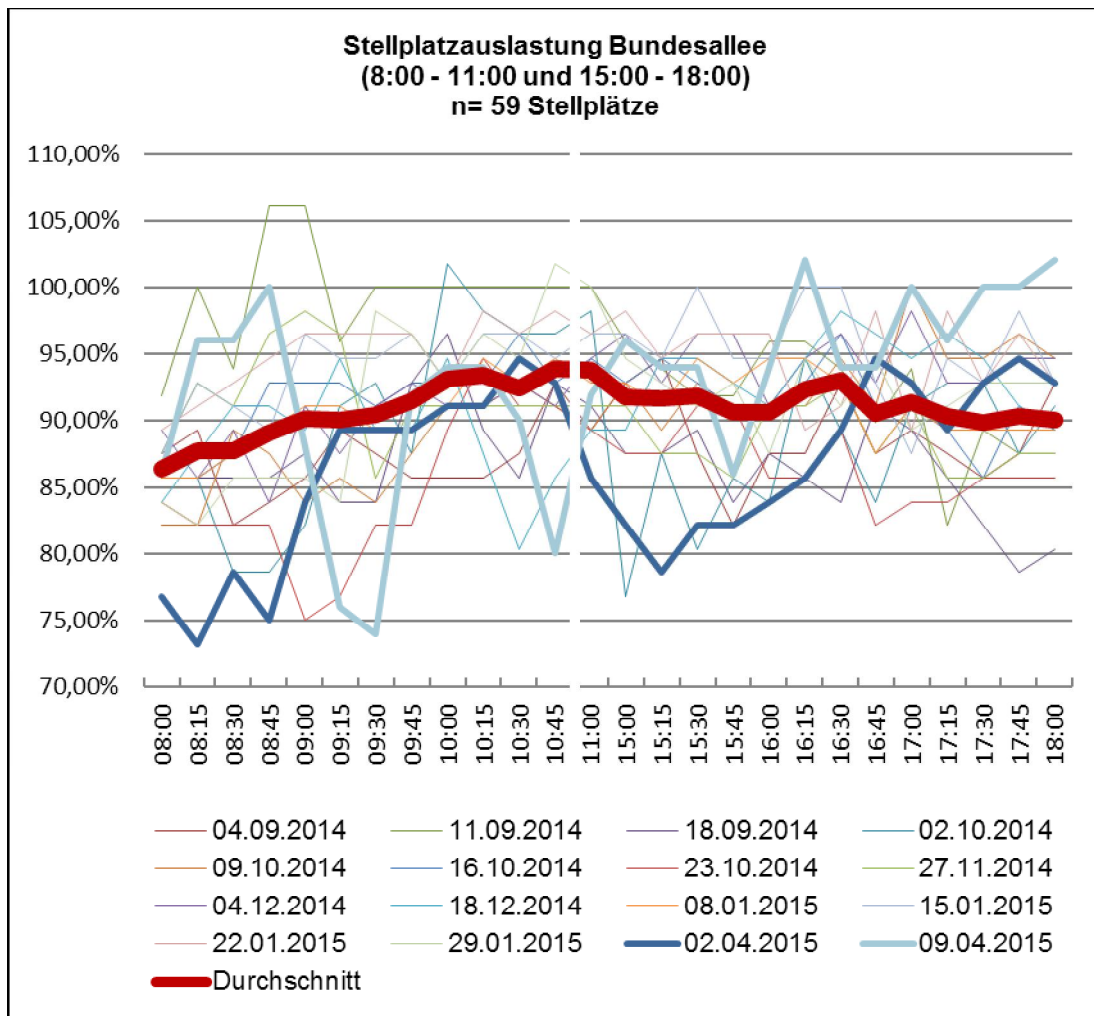


Abbildung 37: Stellplatzauslastung Bundesallee – kleinräumige Parkraumerhebung

4.2.3.5 Fehlnutzung von Stellplätzen an Ladesäulen

An 16 Erhebungstagen wurde die „Fehl“-Belegung an den vier Ladeparkständen durch Begehungen erfasst. Diese erfolgt vorrangig durch Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor, eine Belegung durch Elektrofahrzeuge wurde im Beobachtungszeitraum nur vier Mal dokumentiert.

Die durchschnittliche „Fehl“-Belegung der vier Ladeparkstände schwankt zwischen 10 % und ca. 27 %. Am Vormittag erreicht sie um 8:30 Uhr ein erstes Maximum von 23 %, sinkt dann wieder ab und steigt dann erneut auf 27 % an. Am Nachmittag steigt die durchschnittliche „Fehl“-Belegung bis 16:30 Uhr auf 27 % an und hält sich danach auf einem Niveau von 25 % (vgl. Abbildung 38). Eine „Fehl“-Belegung von 25 % bedeutet, dass mindestens einer der vier Ladeparkstände durch einen Fahrzeug mit Verbrennungsmotor belegt war. Es ist anzumerken, dass vor allem die Ladesäule in der Bundesallee fehlgenutzt und die Ladeparkstände in der nur ca. 100 m entfernten Handjerystraße zumeist als „frei“ erfasst wurden.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>37/ 95</p>
--	--	---	-------------------

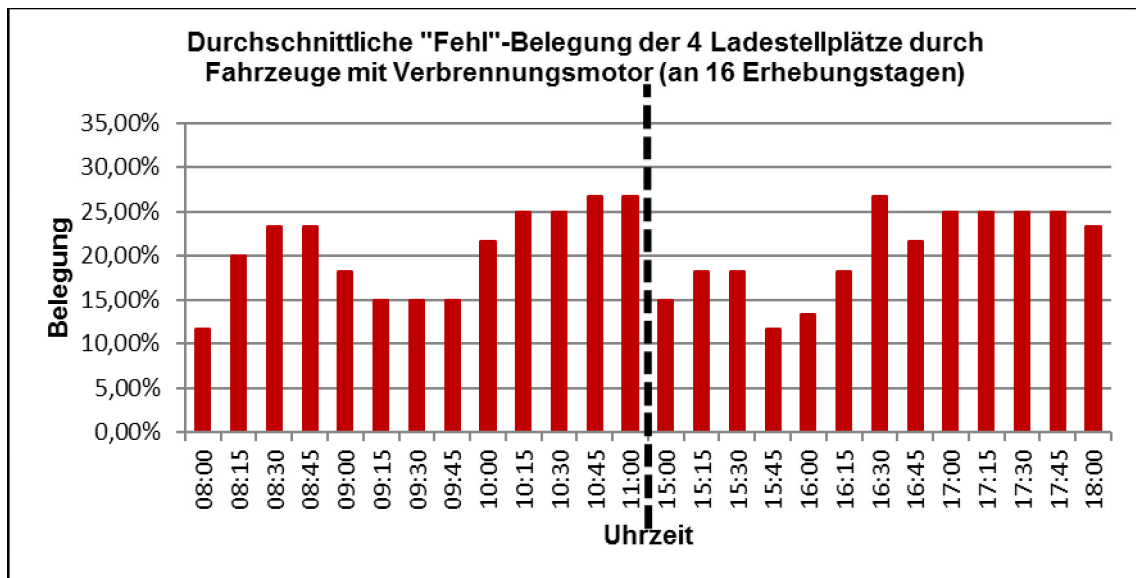


Abbildung 38: Fehlnutzung der vier Ladeparkstände in der Bundesallee bzw. Handjerystr.

Werden nun der durchschnittliche Fehl-Belegungsgrad und die durchschnittliche Stellplatzauslastung verglichen, so sind Wechselwirkungen zu erkennen. Wenn der Belegungsgrad steigt, dann werden auch die Ladestellplätze fehlgenutzt. Am Vormittag zwischen 10 und 11 Uhr ist diese Wechselwirkung zu beobachten. Unerklärt bleibt die hohe Fehl-Belegungsquote zwischen 8:30 Uhr und 9 Uhr, da hier der Belegungsgrad mit am geringsten ist. Es ist zu vermuten, dass gerade die Ladestellplätze vor einem Einzelhandelsgeschäft mit „Backtheke“ fehlbelegt werden, da viele Pkw-Nutzer dort kurz einkaufen und ihren Pkw hierfür auf dem Ladestellplatz parken.

4.2.3.6 Bodensensorik und Radardetektion

Im Rahmen des thematisch verwandten Projekts WiMobil waren Vergleiche potentieller Techniken zur Detektion und zum Freihalten der Ladestellplätze untersucht worden. Aufgrund der geringen Anzahl an Prototypen (Umsetzung an zwei Standorten vereinbart) wurden Stellplatzdetektoren auf Basis der Magnetfeld-Technik ausgewählt. Der Vergleich der Freihaltetechniken kam zu dem Ergebnis, dass aktuell kein finanzierbares und praxistaugliches Angebot erkennbar ist; zudem wurden die rechtlichen Defizite für das Freihalten von Parkständen im öffentlichen Raum beschrieben. Vattenfall wurde von der SenStadtUm beauftragt, eine Detektionstechnik zu testen, die die Änderung von Magnetfeldern durch parkende Pkw erkennt. Diese Magnetfeldsensoren wurden in den Asphalt eingelassenen.

Systemhersteller für die Stellplatzdetektoren auf der Basis der Magnetfeldererkennung ist die Firma Nedap, die auf automatisierte Zugangssysteme/-lösungen in verschiedensten Applikationen spezialisiert ist. Das System besteht aus in den Straßenbelag eingebrachten Detektoren, welche Änderungen im Magnetfeld durch darüber parkende Fahrzeuge erkennen und diese an in der Ladestation zusätzlich eingebaute Empfänger mit der Sensit-Software des Herstellers übermittelt. Die erfassten Daten werden dann über die Backend-Anbindung der Ladestation übermittelt. Das System bedarf einer Kalibrierung.

Während die Sensoren an einer Vattenfall-Betriebsstätte einen Labortest erfolgreich absolvierten, zeigte der Feldtest an zwei Ladestationen im Laborgebiet mit jeweils zwei Ladepunkten keine befriedigenden Ergebnisse. So lieferte das System weder kontinuierlich im voreingestellten Rhythmus die gewünschten Daten, noch ergaben die übermittelten Werte beim Abgleich mit den von der Ladestation aufgezeichneten Ladevorgängen ein plausibles, kompatibles Bild (vgl. Abbildung 39).

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	38/ 95
--	--------------------------------	---	-----------

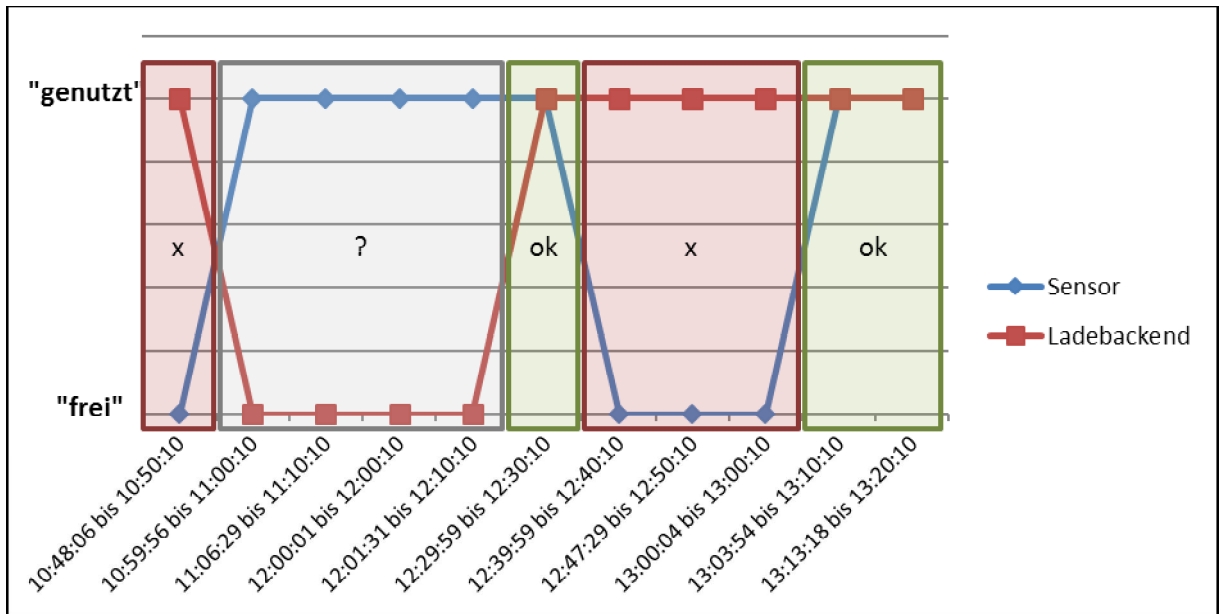


Abbildung 39: Abgleich Sensordaten mit Ladebackend (Auszug Testdaten 02.05.15, Sensor 1 Bundesallee)

Mögliche Ursachen für diesen negativen Feldtestverlauf sind insbesondere:

- Abschirmung der Signalübertragung durch die Ladestation und den Belag des Parkplatzes (Schwache Batterie der eingebauten Sensoren)
- Fehlerhafte Kalibrierung der Sensoren bei der Inbetriebnahme
- Mangelnde Funktionsfähigkeit der Sensoren
- Störungen durch benachbart parkende Fahrzeuge
- Softwarefehler

Wahrscheinliche Ursache für die unvollständigen Datensätze ist die Abschirmung des Empfängers durch das Metallgehäuse der Ladestationen. Gerade die in Berlin von Vattenfall eingesetzten Ladestationen der Firma Mennekes zeichnen sich durch ein besonders robustes und schweres Gehäuse aus.

Die Abschirmung ist vermutlich letztendlich auch die Ursache für die Unstimmigkeiten bei den übermittelten Daten der Sensoren. Durch die damit verbundene geringe Signalstärke lässt sich das System zum einen schlechter kalibrieren, zum anderen können Störeinflüsse leichter das Ergebnis überlagern. Beides scheint hier zum Tragen gekommen zu sein.

Inwieweit ein Verbauen des Empfängers in nichtmetallischen Gehäusen, beispielsweise in zwischenzeitlich auf dem Markt angebotenen Ladestationen mit einem Kunststoffgehäuse, zu besseren Ergebnissen führt, konnte im Rahmen des Projektes WiMobil nicht getestet werden. Generell bedingt aber auch die derzeit notwendige im-Feld-Kalibrierung für einen großflächigen Rollout eines solchen Systems einen beträchtlichen Implementierungsaufwand. Hier ist eine Weiterentwicklung des Systems wünschenswert, so dass ähnlich dem „Plug and Play“ ein „Drill and Detect“ durch den Anwender möglich ist.

Die im Rahmen von City2.e aufgezeichneten Daten des Radardetektors in der Handjerystraße 48 wurden mit den im Backend des Betreibers erfassten Ladevorgängen der Vattenfall-Ladesäule für das erste sowie zweite Quartal 2016 auf Übereinstimmungen untersucht. Hierbei wurde jeweils ein Zeitpuffer von fünf Minuten vor dem Anfang und nach dem Ende eines Ladevorgangs vorgesehen, um etwaigen Zeitversätzen zwischen den beiden Datensätzen, z. B. durch das Einsteigen und Wegfahren / Einparken und Aussteigen der Nutzenden nach bzw. vor dem Einstecken bzw. Abziehen von Ladekabeln zu berücksichtigen.

Im ersten Quartal 2016, d. h. kurz nach der Erstinstallation der Detektionstechnik, lag die Quote an Übereinstimmungen, d. h. Fälle in denen sich sowohl Anfang als auch Ende eines Ladevorgangs in den aufgezeichneten Ereignissen der Parkraumdetektion nachvollziehen lassen bei etwa 30 %.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>39/ 95</p>
---	---	--	-------------------

Ereignisse in denen entweder Anfang oder Ende eines Ladevorgangs in den Detektionsdaten nachvollziehbar sind liegen bei rund 50 %. Damit wurde der Optimierungsbedarf auf der Seite der Detektionstechnik offenkundig.

4.2.3.7 Akzeptanz unterschiedlicher Beschilderungen

Eine etwa sechswöchige Umbeschilderung (Installation am 09.08. bzw. 02.08.2016) der Ladesäulen in der Bundesallee 88 sowie Handjerystraße 54 soll mithilfe der bereits vor Ort in Betrieb befindlichen Radardetektionstechnik aufzeigen, inwiefern die Art der Beschilderungslogik Einfluss auf die Fehlnutzung der Sonderstellplätze hat. Hierzu wurden der aktuelle Berliner Beschilderungsstandard (Negativbeschilderung mit Zeichen 283 + Zeichen 1026-60 + Zz. „4h-Parkscheibenregelung in der Zeit 8-18 Uhr“) sowie eine Positivbeschilderung nach dem „Hamburger Modell“ (Zeichen 314 + Zeichen „elektrisch betriebene Fahrzeuge“ + Zz. „4h-Parkscheibenregelung in der Zeit 8-18 Uhr“) umgesetzt. Bis dato waren beide Ladesäulen noch nach der alten Berliner Negativbeschilderung ausgewiesen.



Die Auswertung der (Fehl-)Nutzung erfolgt durch Abgleich der Detektionsdaten mit den Nutzungsdaten der entsprechenden Ladesäulen aus diesem Zeitraum. Aufgrund kurzfristig nicht zu klärender Schnittstellenprobleme bei dem Ladeinfrastrukturbetreiber konnte dieser Abgleich im Rahmen der Projektlaufzeit nicht abgeschlossen werden.

Bereits kurz nach Installation der Positivbeschilderung in der Bundesallee 88 konnten in den Foren des einschlägigen Online-Portals für Elektromobilität www.goingelectric.de diesbezüglich erste Nutzerreaktionen verzeichnet werden.

Abbildung 40: Positiv- und Negativbeschilderung von Sonderstellplätzen an Ladesäulen

„[...] Keinem Kollegen denen ich ein Foto der Ladesäulen-Beschilderung in Hamburg zeigte, konnte mir die gedachte Bedeutung sagen. [...]“, „Ich finde das Autolein samt Stecker sehr schick.“, „Oh Mann. Berlin zieht nach. Jetzt genauso besch*** wie in Hamburg. [...]“, „Weiß gar nicht was Du willst. Ist doch eindeutig. Parkplatz für e-Mobile mit Parkscheibe für max. 4 Std. zwischen 8 und 18 Uhr. [...]“.

Wie anhand der obigen Beispiele deutlich wird reichte die Resonanz von positiven Äußerungen über eher neutrale bis hin zu negativen. Die kritischen Äußerungen der Nutzer beziehen sich hierbei vor allem auf die Verständlichkeit bzw. Missverständlichkeit der Positivbeschilderung bezüglich Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotor.

4.2.3.8 Ordnungswidrigkeiten

Die in Abschnitt 4.2.3.5 beschriebenen Ergebnisse aus den Erhebungen zur Fehlnutzung konnten durch eine weitere Untersuchung, die der Erfassung der Park-Ordnungswidrigkeiten im Laborgebiet Friedenau diente, ergänzt werden. Von der zentralen Bußgeldstelle wurden Daten von Parkvergehen für den Monat November 2013 zur Verfügung gestellt. Diese Verstöße wurden zur einfacheren Darstellung kategorisiert.

In Abbildung 41 ist die Anzahl der Verstöße, differenziert nach den Vergehensarten dargestellt. Sichtbar wird hierbei, dass die Kategorie „ohne gültigen Parkschein“ den größten Anteil der Verstöße ausmacht. Die Kategorie „Kreuzungsbereich“ fällt dagegen gering aus und die Kategorie „Halteverbot“ macht mehr als ein Viertel aus. Insgesamt konnten 1179 Parkverstöße identifiziert werden.

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	40/ 95
--	--------------------------------	---	-----------

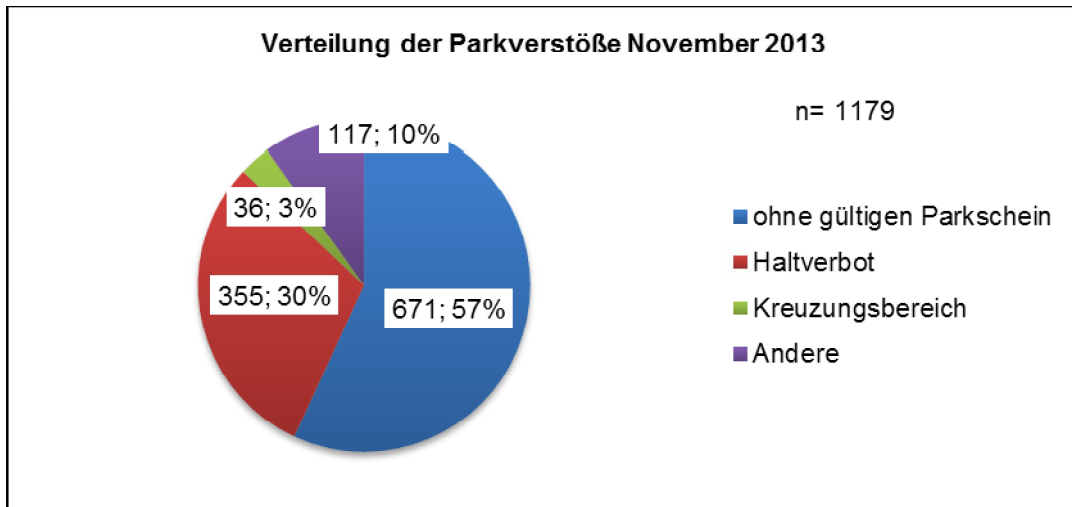


Abbildung 41: Art der Parkverstöße nach Bußgeldarten

Die folgende Abbildung 42 zeigt die räumliche Verortung der Verstöße in Parkzone 26, welche das Untersuchungsgebiet in Friedenau einschließt. Es ist zu erkennen, dass die Abschnitte der Rheinstraße und der Bundesallee einen Schwerpunkt der Verstöße ausmachen. Außerdem wird in der Bornstraße am häufigsten das Haltverbot in einer „Ladezone“ missachtet.

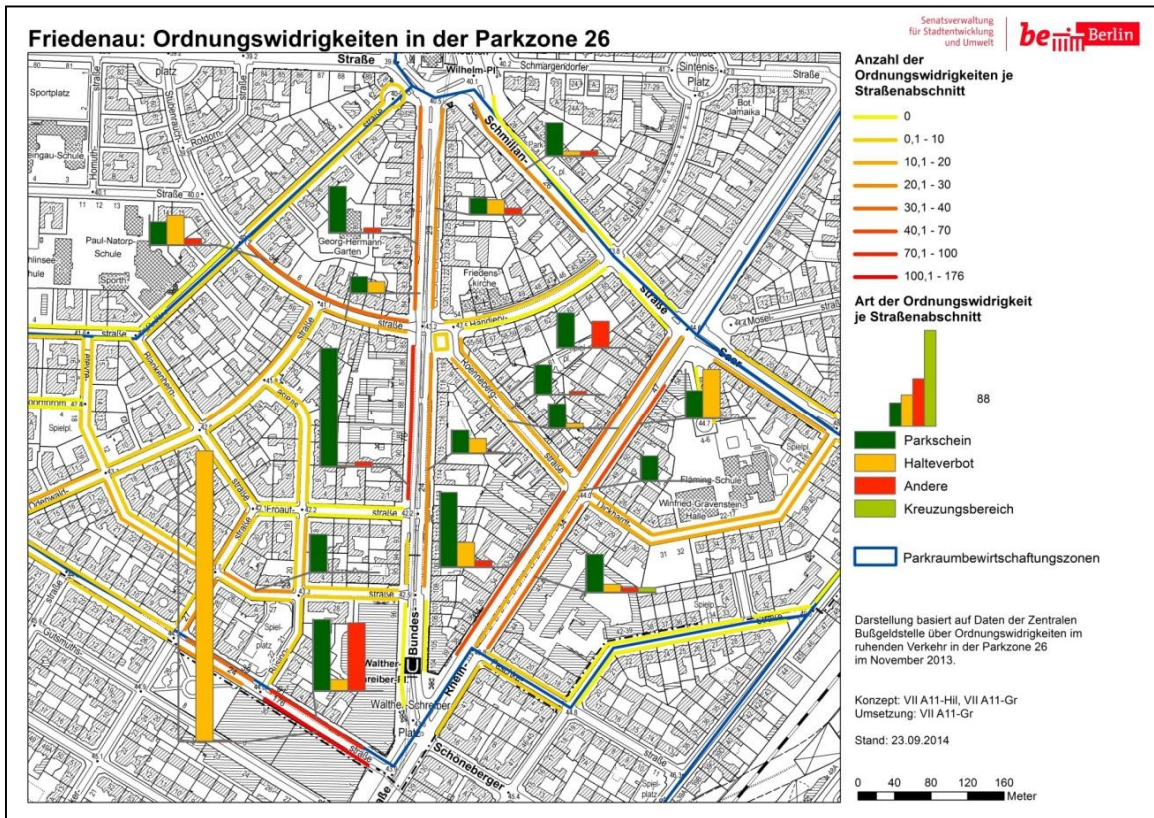


Abbildung 42: Ordnungswidrigkeiten in Parkzone 26 (November 2013), Berlin-Friedenau

4.2.3.9 Untersuchungen im halböffentlichen Raum

Die Erhebungen des ruhenden Verkehrs unterstreichen, dass sich die Auslastung des halböffentlichen Parkraums (untersucht am Beispiel des Hauptparkhauses des EKZ „Forum Steglitz“ mit rund 500 Stellplätzen) im Untersuchungsgebiet näherungsweise umgekehrt proportional zur Auslastung des öffentlichen Parkraums verhält. Während in den Tagesrandzeiten (früher Morgen, fortschreitender Abend) die Auslastung des öffentlichen Parkraums seine höchsten Werte erreicht (vgl. hierzu 4.2.3.2),

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	41/95
---	-----------------------------	--	-------

wird der halböffentliche, rund um die Uhr verfügbare, Parkraum in dieser Zeit nur noch in sehr geringem Maße genutzt.

Während der Geschäftszeiten sinkt die Auslastung im öffentlichen Straßenraum z. T. auf Werte unter 80 %. Für den halböffentlichen Parkraum konnten im Rahmen der sechswöchigen Erhebungen während der Geschäftszeiten am Vormittag und Abend Höchstwerte um 60 % gemessen werden.

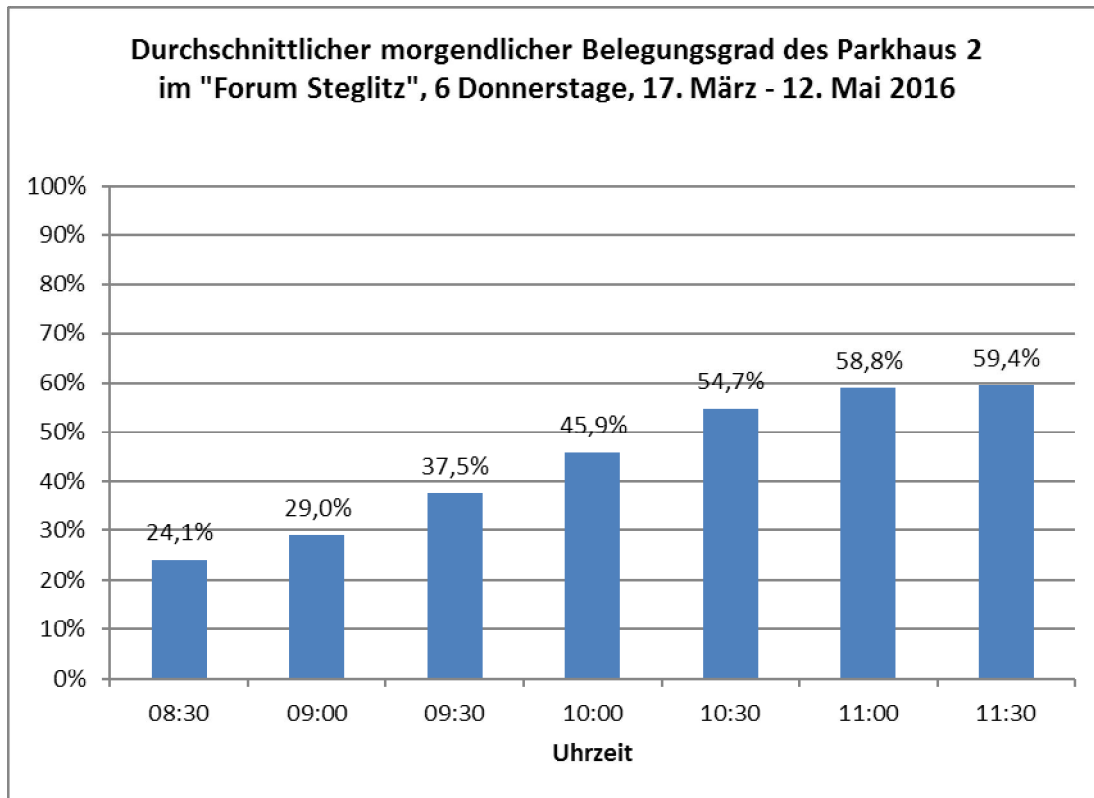


Abbildung 43: Auslastungsgrad der Stellplätze im halböffentlichen Parkraum, 6 Donnerstage (Quelle: Nowack 2017)

Am frühen Morgen und späten Abend wurden durchgängig Auslastungswerte unter 25 % respektive 30 % gemessen. Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse wird das Potential des halböffentlichen Parkraums zur Entlastung des von erheblichen Nutzungskonflikten geprägten städtischen Straßenraums deutlich.

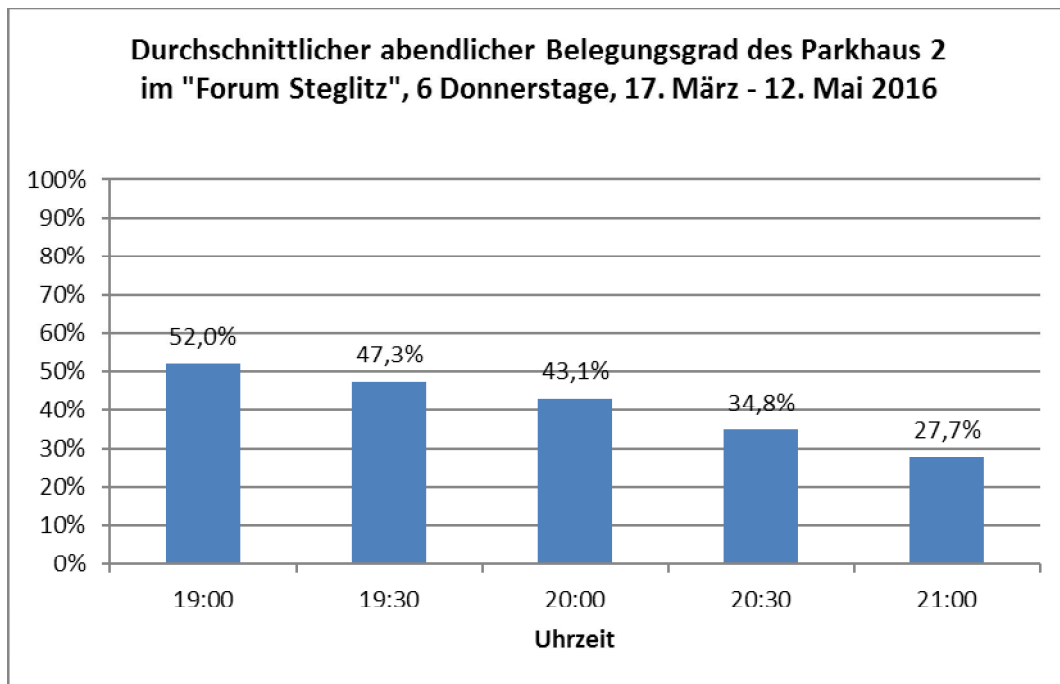


Abbildung 44: Auslastungsgrad der Stellplätze im halböffentlichen Parkraum, 6 Donnerstag (Quelle: Nowack 2017)

4.2.4 Fazit und Ausblick

Das Projekt City2.e 2.0 konzentriert sich auf die Entwicklung und Demonstration der Detektionstechnik und die Information über das Vorhandensein freier Parkstände im öffentlichen Raum. Aussagen zur Qualität der Detektionsergebnisse konnten nur bedingt abgeleitet werden, da sich der Zeitbedarf zur Verarbeitung der Signale zwischen Ladeinfrastruktur und Parkraumdetektion erheblich unterscheidet.

Eine Analyse dieser technischen Unterschiede ist weiteren Forschungsarbeiten vorbehalten. In einer möglichen künftigen Weiterentwicklung könnte die Detektionstechnik mit einem RFID-Lesegerät ergänzt werden. So könnten beispielsweise Behinderten-, Handwerker- oder Bewohnerparkberechtigungen auf einer RFID-Karte gespeichert und von der Detektion ausgelesen werden. Damit ließe sich in dieser zweiten Entwicklungsstufe die Effizienz der Parkraumüberwachung verbessern, das Erkennen der Parkberechtigungen wäre z. B. auch bei widrigen Witterungsbedingungen (vereiste und schneebedeckte Fahrzeugscheiben) einfach möglich, eine Verifikation könnte über den Abgleich auf einer vom Land Berlin betriebenen IT-Plattform stattfinden. In einer dritten Entwicklungsstufe könnte daneben auch die Effizienz der Gebührenerhebung gesteigert werden, etwa durch das Erkennen eines Parkvorgangs durch die Detektionstechnik und die automatische Bezahlung der Parkgebühren, ähnlich dem Handyparken. Zu den Entwicklungsstufen zwei und drei werden die rechtlichen Voraussetzungen (vor allem datenschutzrechtlich) geprüft und die ggf. erforderliche Weiterentwicklung des Rechtsrahmens skizziert.

Die genannten Erweiterungen ließen sich jedoch nicht nur im öffentlichen Raum anwenden, sondern, wie bereits angedeutet, auch im halböffentlichen Raum, wie Supermarktparkplätzen oder Parkhäusern. Erste verkehrswissenschaftliche Untersuchungen, im Rahmen von Studienabschlussarbeiten, (Dorian Scheider, Felix Nowack), knüpfen hier an und unterstreichen dieses bisher wenig genutzte Potenzial von Stellplätzen zur Entlastung des öffentlichen Straßenraums von parkenden Pkws.

4.2.5 Zusammenfassung

Stichworte: Ladeinfrastruktur, Beleuchtungsmasten, Auslastung Parkraum, halböffentlicher Parkraum

Der Aufgaben der SenStadtUm innerhalb des Projektkonsortiums konzentrierte sich auf die intensive Analyse des Laborgebiets Berlin-Friedenau – insbesondere des öffentlichen Parkraums sowie der städtischen Beleuchtungsinfrastruktur – in dem die Parkraumdetektionstechnik erprobt wurde. Das Laborgebiet ist durch eine hohe Dichte und Nutzungsmischung sowie ein sehr gutes Verkehrsangebot

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	43/95
---	-----------------------------	--	-------

gekennzeichnet. Das Einkommens- und Bildungsniveau der Anwohner sowie deren Motorisierungsgrad liegen über dem Berliner Durchschnitt.

In den Straßenbereichen rund um die installierte Detektionssensorik sind sowohl Längs- als auch Querparken sowie privilegierten Stellplätze an Ladesäulen vorzufinden, welche gleichermaßen mit erfasst wurden. Ferner wurde der sog. halböffentliche Parkraum exemplarisch hinsichtlich seiner Potentiale zur Entlastung des öffentlichen Straßenraums untersucht. Die Parkraumanalysen zeigen, dass ähnlich viele halböffentliche, wie öffentliche Parkstände im Laborgebiet existieren.

Die Auslastungswerte des öffentlichen Parkraums zeigen insbesondere in den Tagesrandzeiten eine hohe Auslastung bis deutliche Überlastung. Der hallöffentliche Parkraum bietet hingegen besonders in den Randzeiten signifikante Stellplatzpotentiale durch seinen geringen Belegungsgrad. Bezogen auf die Zahl aller öffentlichen Parkstände im Untersuchungsgebiet liegt der Anteil an Langzeitparkern bei etwa einem Zehntel. Mit Hilfe von Datensätzen aus den Radardetektoren und konventionellen Parkraumanalysen wurde zudem erstmals ein Vergleich mit den Backend-Daten des Ladeinfrastrukturbetreibers vorgenommen.

Im Hinblick auf die weiter wachsende Stadt sowie die vielfältigen Nutzungsansprüche an den öffentlichen Straßenraum gilt es diese neuen technischen Lösungsansätze zu realisieren und den öffentlichen sowie halböffentlichen Parkraum integriert zu organisieren.

Abstract

Keywords: charging infrastructure, street lighting, utilization of parking spaces, semipublic parking space

SenStadtUm's work within the project City2.e 2.0 focusses on the analysis of public parking spaces and street lighting (installation of charging points for EVs) in the so-called laboratory area Berlin-Friedenau in which radar-based detection by Siemens incorporation is tested. Moreover semipublic parking lots (e.g. parking garages) were surveyed on their potential to relieve public roads from parking cars. In matters of the growing population and Berlin's efforts to reduce its climate impact realizing these new technological applications as well as an integrated approach to use both public and semipublic parking spaces combined should help to match the competing claims to city's urban spaces.

The laboratory area is characterized by a high population density and a mixed use of urban structures, in addition to that a very well public transportation service is provided. The population's level of income and education is situated above the city's average. The street areas captured by radar detection contain different types of parking such as curb-side, cross parking and special parking for EVs at charging stations. By reasons of technology and road safety just a very little percentage of the laboratory area's street lighting is ready to be equipped with charging technology for EVs.

The research on parking revealed that there is roughly the same number of private operated parking lots which are open to public (semipublic) as public spaces on the surveyed area. The utilization rates of the public parking are generally high but particularly in off-peak times. On the contrary semipublic parking lots are hardly used in off-peak times creating a significant potential to relief vehicles from public roads. As measured by the total number of public parking spaces in the surveyed area the share of long-term parking vehicles is about 10 %. By means of the recorded data from radar detection and conventional parking research a comparison with the back end data from the charging infrastructure operator could be made for the first time.

4.3 Ergebnisbericht VMZ Berlin

Erstellt durch: VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH

Dr. Jan Kätker

Christian Seidel

Jan-Niklas Willing

4.3.1 City2.e-Systemplattform

Die City2.e-Systemplattform ist die zentrale IT-Plattform des Projekts, in der die erfassten Detektordaten verarbeitet und mit weiteren Mobilitätsdiensten und -daten kombiniert werden können. Durch die Integration der Parkdaten mit weiteren Datensätzen und Softwareanwendungen wie

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	44/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

beispielsweise einem dynamischen Routenplaner werden Dienste generiert, die im Rahmen einer mobilen Applikation dem Endanwender zur Verfügung gestellt werden.

Die Daten der Parkraumdetektoren stellen für die City2.e-Systemplattform die zentralen Eingangsdaten dar. Über eine Schnittstelle werden die aggregierten Rohdaten an die Systemplattform übermittelt. Der so genannte Smart Parking Dienst bereitet diese auf, speichert sie in einer Datenbank und stellt sie innerhalb der Plattform dem Prognosemodul bereit.

Auf der anderen Seite werden die verarbeiteten Parkdaten über Schnittstellen nach außen veröffentlicht. Um die Daten in eine anwendungsnahe Umgebung zu integrieren, wird eine Schnittstelle zur bestehenden Mobilitätsplattform der Berliner Verkehrsinformationszentrale, betrieben durch die VMZ Berlin, umgesetzt. Die Mobilitätsplattform stellt die zentrale Plattform Berlins für Mobilitätsdaten dar und beinhaltet weitgehend alle Anbieter von Mobilitätsdiensten in Berlin. Die Mobilitätsplattform umfasst unter anderem dynamische Echtzeit-Daten zu flexiblen und stationsgebundenen Carsharing-Angeboten, Fahrradverleihsystemen, ÖPNV, Taxi, Parkplatzanbietern, Fernverkehr und Ladeinfrastruktur. Eine Integration der in City2.e 2.0 detektierten Parkdaten in diese Systemumgebung ermöglicht eine Weiterverarbeitung und Kombination der Daten für relevante verkehrliche Anwendungsfälle, die, wie im weiteren erläutert wird, einen Mehrwert für den Endanwender darstellen.

Intermodaler Routenplaner

Die Daten der Mobilitätsplattform sind Basis des Intermodalen Routenplaners (IMR) der VMZ Berlin. Der IMR wurde um die durch das City2.e-System ermöglichte Funktionalität der Parkplatzsuche erweitert. Diese Erweiterung erlaubt eine optimierte Routenplanung unter Berücksichtigung aktuell freier Parkstände im öffentlichen Straßenraum. Optionen, wie z. B. der Bedarf einer Ladesäule, werden im intermodalen Routing ebenso berücksichtigt wie die Kombination mit dem öffentlichen Verkehr.

Nach erfolgter Umsetzung der zusätzlichen Funktionalität wurde mit Integrationstests die Gesamtfunktion des Routenplaners geprüft und verifiziert. Mit der erfolgten Präsentation von City2.e auf der Eurocities-Konferenz im November 2014 in München konnte die Funktionalität des Gesamtsystems und insbesondere des Routenplaners unter Berücksichtigung aktueller Messdaten auch Fachpublikum vorgeführt werden.

Integration halböffentlicher Stellplätze

Um Erfahrungen darin zu sammeln, wie zukünftig auch halböffentliche Parkplätze in einem gesamtheitlichen Informationsangebot zum Thema Parken berücksichtigt werden können, wurde der private Anbieter ParkU über eine Schnittstelle in die Mobilitätsplattform der VMZ Berlin integriert. Insbesondere die Echtzeit-Verfügbarkeiten der halböffentlichen Parkplätze wurden in die Mobilitätsplattform übertragen und dem Intermodalen Routenplaner bereitgestellt. Durch die softwaretechnische Erweiterung des Intermodalen Routenplaners können die Verfügbarkeitsinformationen von Stellplätzen im halböffentlichen Raum für ein Routing von der Startadresse zu einem ParkU-Parkplatz und anschließend zur Zieladresse genutzt werden.

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	45/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

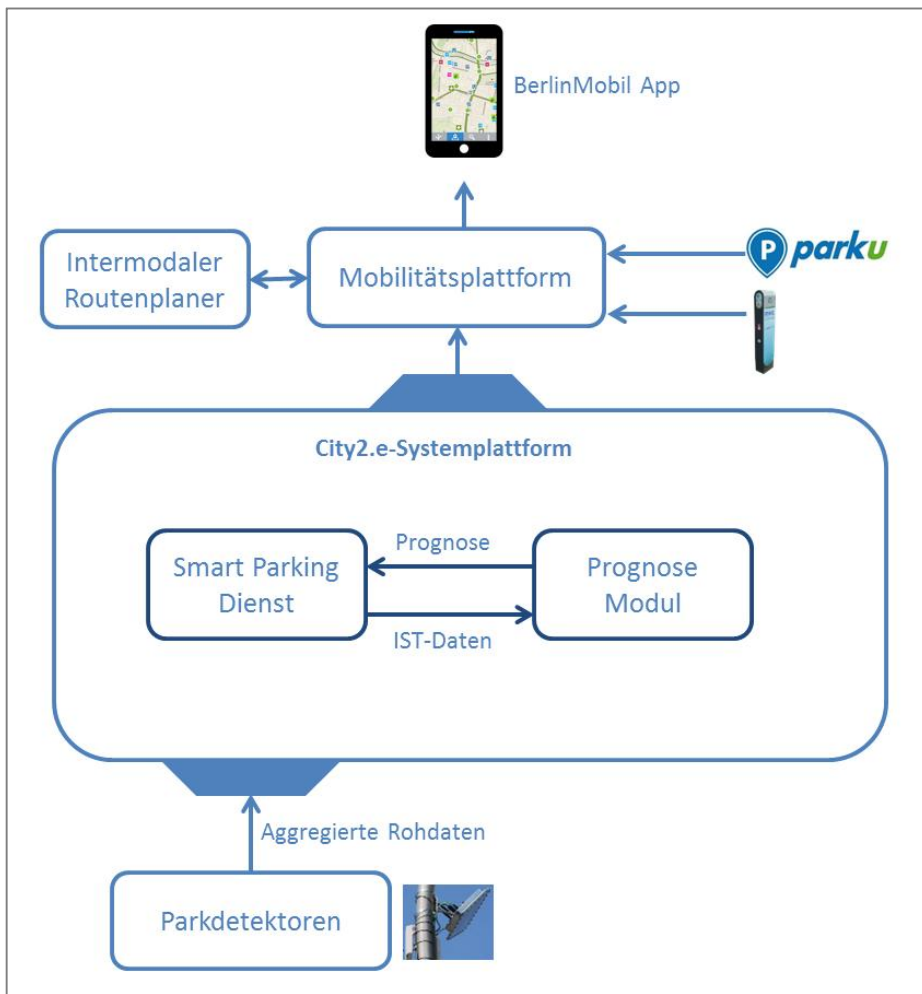


Abbildung 45: City2.e-Systemarchitektur

4.3.2 Integration in Applikationen

Um die detektierten Parkdaten und die darauf aufbauenden Dienste Endnutzern bereitzustellen, wurde die Mobilitätsplattform der VMZ Berlin mit mehreren Applikationen verknüpft. Vor allem die Integration in eine von der VMZ entwickelte und betriebene Smartphone-Applikation sollte zeigen, wie die im Projekt entwickelten Dienste einen Mehrwert für den Endanwender darstellen. In der ersten Phase des Projekts wurde die Mobilitätsplattform mit der bestehenden MOLECULES-App der VMZ Berlin verknüpft, welche in den folgenden Screenshots dargestellt ist.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>46/ 95</p>
--	--	---	-------------------

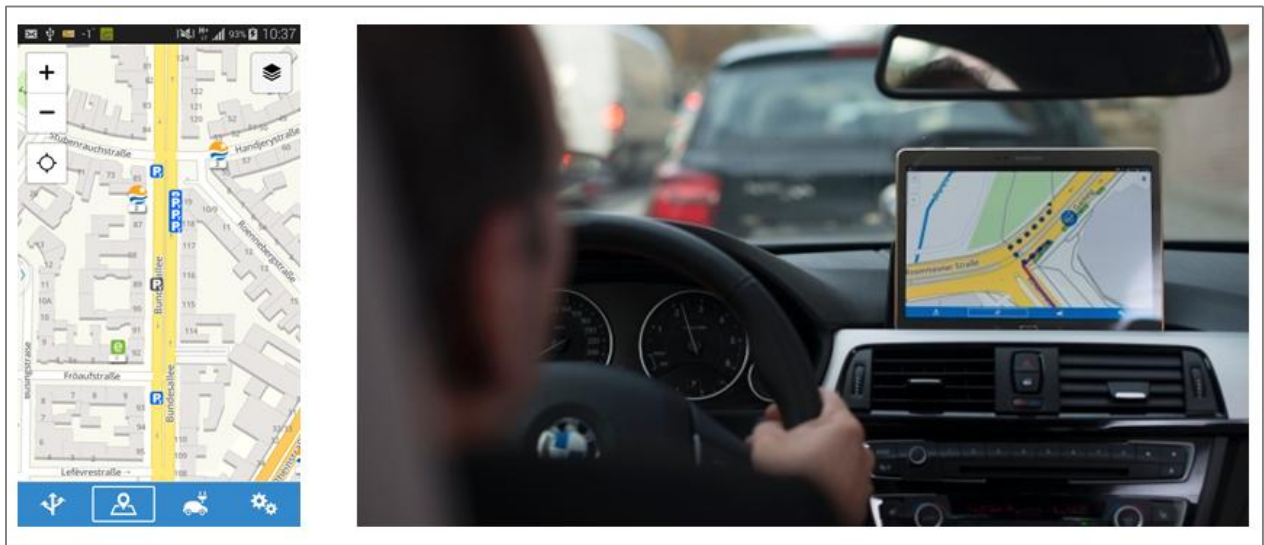


Abbildung 46: Screenshots der MOLECULES-App mit integrierten Parkdaten

Nach Veröffentlichung der BerlinMobil App seitens der VMZ Berlin wurden die entwickelten Routingdienste und Parkdaten ebenfalls in diese App integriert, da hier weitergehende Funktionen zur Verfügung stehen und die Verbreitung der App höher ist. Die umgesetzten Dienste und Funktionen werden im Folgenden anhand von Screenshots der BerlinMobil App vorgestellt.

Eine Integration in die Smartphone-App dient in erster Linie dem Endanwender, um effizient Routen planen und freie Stellplätze finden zu können. Der Routenplaner der VMZ Berlin führt eine komplette Tür-zu-Tür Wegeplanung durch. Berücksichtigt werden entsprechend auch die Fußwege vom bzw. zum Stellplatz. Der Routenplaner der VMZ Berlin berücksichtigt Echtzeitdaten zum ÖPNV und MIV und berücksichtigt zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel wie ÖPNV und einige Car- und Bikesharing-Anbieter. Darüber hinaus werden bereits Informationen zu Stellplätzen mit Ladetechnik eingebunden. Basierend auf den in City2.e erfassten Parkdaten werden dem Nutzer folgende Funktionen in der App bereitgestellt:

- Routing zu einem ausgewählten freien Parkplatz
- Routing zu einem freien Parkplatz in der Nähe der Zieladresse
- Routing zu einem freien Parkplatz und Weiterfahrt mit dem ÖPNV
- Routing zu einer freien Ladesäule
- Routing zu einer freien Ladesäule mit freiem Parkplatz

Routing zu einem ausgewählten freien Parkplatz

Die in City2.e detektierten Parkplätze werden in der Kartenansicht der BerlinMobil App dargestellt. Bei Klick auf einen der freien Parkplätze erscheint das Detailfenster des Parkplatzes mit Adressangabe und aktueller Verfügbarkeit. Bei Klick auf den Button „Als Ziel“ wird der freie Parkplatz als Zielkoordinate für das Routing gewählt. Ebenfalls wurden die halböffentlichen Parkplätze des Anbieters ParkU in die Kartenansicht integriert. Im Detailfenster werden ebenfalls der Belegungsstatus sowie Informationen zur Nutzung aufgeführt. Auch hier ist ein Routing zum ausgewählten freien Parkplatz möglich.

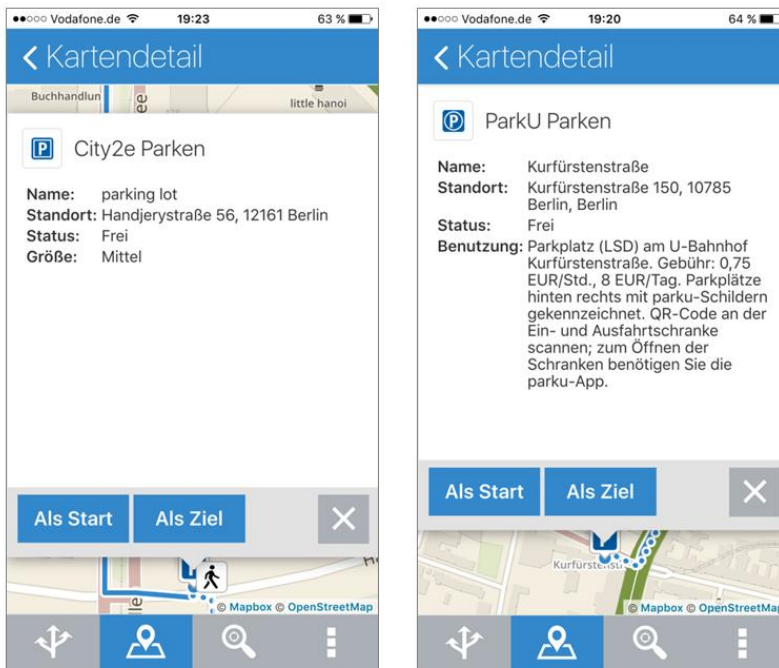


Abbildung 47: Routing zu freiem Parkplatz - BerlinMobil App

Routing zu einem freien Parkplatz in der Nähe der Zieladresse

Ein weiterer Anwendungsfall der App ist, dass sich der Nutzer eine Route zu einem freien Parkplatz in Nähe seines Ziels anzeigen lässt. Hierbei wird vom Intermodalen Routenplaner berechnet, welcher aktuell freie Parkplatz in der geringsten Entfernung zur Zieladresse liegt. Es wird in der detaillierten Routenansicht sowohl die MIV-Route zum Parkplatz sowie die anschließende Fußroute zur Zieladresse angezeigt.

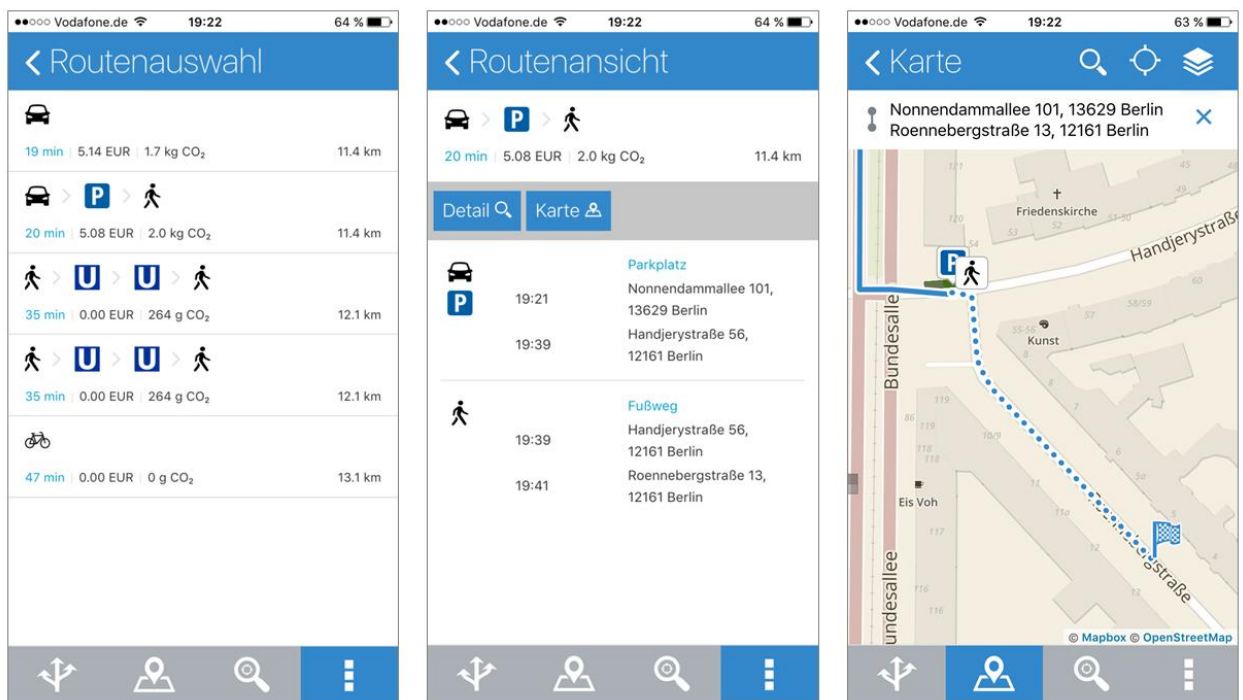


Abbildung 48: Routing zu freiem Parkplatz in der Nähe des Ziels - BerlinMobil App

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>48/ 95</p>
---	---	--	-------------------

Routing zu freiem Parkplatz und Weiterfahrt mit ÖPNV

Der intermodale Routenplaner ist darüber hinaus in der Lage, eine Route zu einem freien Parkplatz zu berechnen mit anschließendem Umstieg auf den ÖPNV bis zum Ziel. Ziel ist es hierbei, Parkplätze im öffentlichen Raum auf einen klassischen Park&Ride-Anwendungsfall zu übertragen und so Autofahrern Mobilitätsalternativen des Umweltverbundes aufzuzeigen. Diese Funktionalität wurde nicht nur in die BerlinMobil App integriert, sondern auch in eine Multi-Touch-Applikation, die im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Projekts auf der Parken Messe im September 2015 demonstriert wurde.

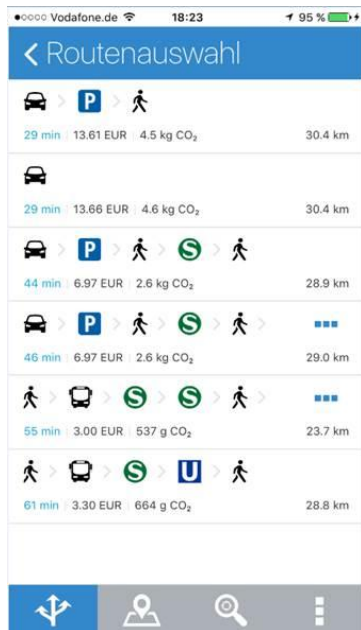


Abbildung 49: Routing zu freiem Parkplatz und Weiterfahrt mit ÖPNV – BerlinMobil App und Multitouch-Applikation

Routing zu freier Ladesäule

Durch die Integration von Echtzeit-Ladeinfrastrukturdaten in die Mobilitätsplattform der VMZ Berlin wurde ein Routing zu einer freien Ladesäule in der BerlinMobil App möglich. Ähnlich wie bei den detektierten Parkplätzen werden die Ladesäulen in einem Kartenlayer dargestellt. Bei Klick auf eine Ladesäule wird die aktuelle Verfügbarkeit der Ladestation angezeigt und die Ladesäule kann als Zielcoordinate ausgewählt werden. Ebenfalls kann ein Routing zu einer Ladesäule stattfinden, die der Zielcoordinate am nächsten liegt. In diesem Fall wird wie bei den City2.e-Parkplätzen zusätzlich die Fußroute bis zum Ziel angezeigt.

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	49/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

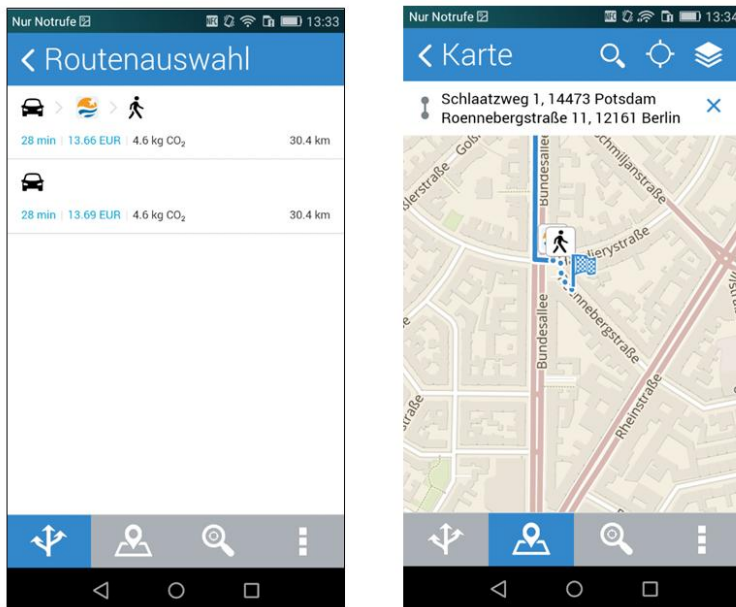


Abbildung 50: Routing zu freier Ladesäule in der Nähe des Ziels – BerlinMobil App

Routing zu freier Ladesäule mit freiem zugeordneten Parkplatz

In der zweiten Hälfte der Projektlaufzeit wurde der intermodale Routenplaner und die BerlinMobil App um ein zusätzliches wichtiges Feature erweitert: Die Verknüpfung der Parkinformation mit der Verfügbarkeitsinformation der Ladepunkte.

Sind alle Parkplätze vor der Ladesäule belegt, wird die Ladestation in der Karte als belegt dargestellt und eine entsprechende Information im Detailfenster angezeigt. Konkret werden für die Vattenfall-Ladesäule in der Handjerystraße die Informationen des Parkdienstes mit Ladesäuleninformationen inhaltlich und grafisch verknüpft. Diese Verknüpfung hilft Nutzern von Elektrofahrzeugen auf einen Blick zu sehen, ob nicht nur die Ladesäule, sondern auch die zugeordneten Lade-Parkplätze frei sind. Hierzu wird die Verfügbarkeit der entsprechenden Parkplätze den Detailinformationen der Ladesäule hinzugefügt, welche über Klick auf das Ladesäulen-Icon eingeblendet werden.

Darüber hinaus wird die verknüpfte Information auch den Routingfunktionalitäten der BerlinMobil App hinzugefügt, sodass bei der Routenberechnungen die Ladesäule als belegt angesehen wird, wenn die Parkplätze belegt sind, auch wenn noch ein Ladepunkt frei sein sollte.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>50/ 95</p>
---	---	--	-------------------

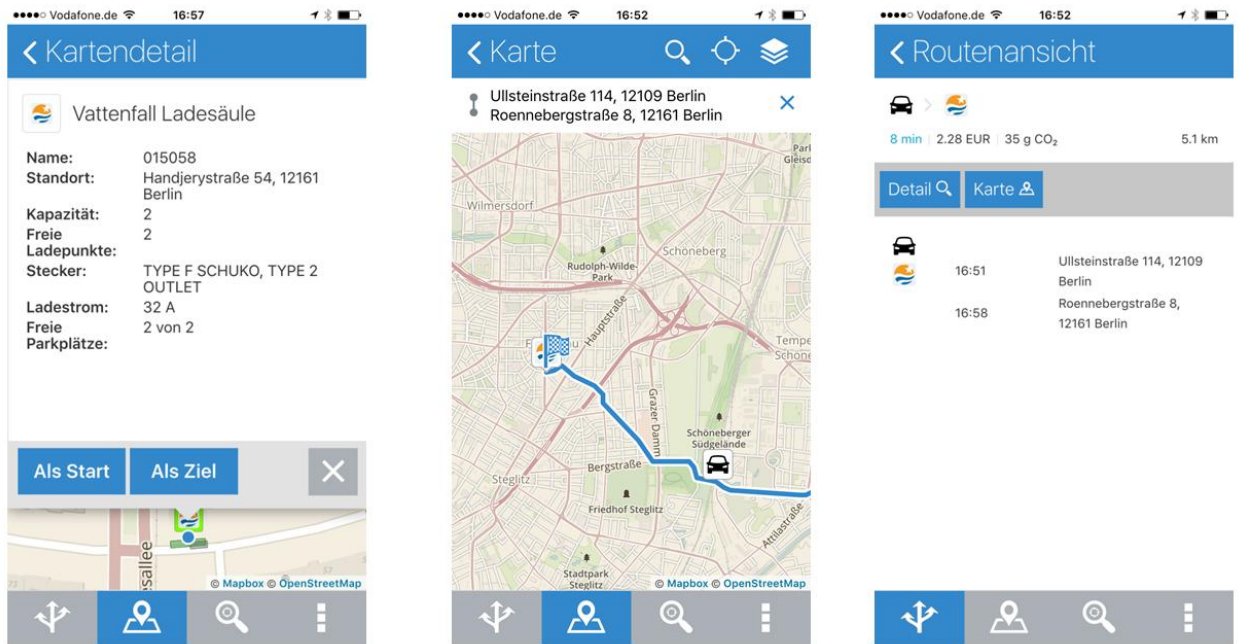


Abbildung 51: Routing zu freier Ladesäule mit freiem zugeordnetem Parkplatz – BerlinMobil App

4.3.3 Evaluation des Parkraumdetektors

4.3.3.1 Zielstellung

Teil der Begleituntersuchung ist die Evaluation des Demo-Betriebes. Diese als Machbarkeitsstudie („Proof of Concept“) gestaltete Evaluation verfolgt das Ziel, die technische Funktionalität und die Tragfähigkeit des gewählten Systemansatzes des City2.e-Systems zu bewerten. Dazu sollen im Rahmen der Evaluation die Systemkomponenten während des Demonstrationsbetriebes überwacht, sowie einzelne Komponenten des Systems fachlich-inhaltlich bewertet werden. Bei der Bewertung steht insbesondere der Parkraumdetektor mit seinen Funktionalitäten im Vordergrund.

Der City2.e-Demonstrator ist als Proof of Concept angelegt, d. h. anhand von Prototypen soll die technische Machbarkeit des Systemansatzes gezeigt sowie geprüft werden. Nicht Gegenstand der Evaluation ist eine technische Feinuntersuchung.

4.3.3.2 Durchführung

Zur Evaluation des City2.e-Systems wurde in einer frühen Projektphase in enger Abstimmung mit der technischen Entwicklung ein Auswertungskonzept für die relevanten Teilkomponenten erarbeitet. Im Auswertungskonzept wurden Methoden zur Evaluation sowie die hierfür erforderlichen Grundlagen und Daten definiert. Während des Projektverlaufs wurde dieses Auswertungskonzept sukzessive an sich ergebende Veränderungen angepasst.

Zur Sicherstellung der Betriebsbereitschaft und Lauffähigkeit der Systemplattform wurden Überwachungswerkzeuge eingerichtet und zur kontinuierlichen Überwachung der Plattform genutzt. Weiterhin wurden die Schnittstellen zur Datenübernahme der Parkraumdaten umgesetzt und die Daten ebenfalls in die technische Überwachung einbezogen. Hierfür wurden Änderungen an den Schnittstellen umgesetzt.

Aufbauend auf das Auswertungskonzept wurden erforderliche Daten zur Evaluation erhoben, gespeichert und ausgewertet. Während der Laufzeit des Demonstrators wurden die Datengrundlagen durch Inaugenscheinnahmen und manuelle Datenerfassungen vor Ort ergänzt. Auf Basis der gesammelten Daten wird die fachliche Korrektheit qualitativ und quantitativ evaluiert.

4.3.3.3 Qualitative Bewertung des Parkraumsensors

Die qualitative Evaluation des Parkraumsensors umfasst (1) eine Überlagerung von Messdaten des Parkraumdetektors mit denen bestehender Ladeinfrastruktur sowie (2) Vor-Ort-Begehungen im

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	51/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Demonstrationsgebiet. Diese beiden Bestandteile der qualitativen Bewertung sind im Folgenden detaillierter dargestellt.

4.3.3.4 Überlagerung von Messdaten des Detektors mit Verfügbarkeitsinformationen der bestehenden Ladeinfrastruktur

Im Demonstrationsgebiet sind zwei Ladesäulen des Betreibers Vattenfall vorhanden. Beide Ladesäulen stellen jeweils zwei Schuko- bzw. Typ 2- Steckdosen zur Verfügung. Die Ladesäulen können mit Ihrer technischen Ausstattung (bis zu 22 kW, 400 V, 32 A) je nach Ladetechnik des angeschlossenen Fahrzeugs für „normales“ Laden (einphasiges Wechselstromladen, 230 V, bis ca. 9 Stunden) und „mittelschnelles“ Laden (dreiphasiges Wechselstromladen, 400 V, ca. 2-3 Stunden) genutzt werden.

Die nördliche Ladesäule liegt in der Handjerystraße in Fahrtrichtung Bundesallee unmittelbar vor dem Knoten Bundesallee. Mit der Ladesäule sind ca. 12 Meter Fahrbahn für Längs-Parken während des Ladevorgangs verbunden (vgl. Abbildung 52).



Abbildung 52: Ladesäule Handjerystraße und zugeordnete Parkstände

Für die Auswertung wurden Online-Verfügbarkeitsdaten der Ladeinfrastrukturbetreibers verwendet. Die zur Verfügung stehenden Rohdaten umfassen Änderungsstände der Anzahl verfügbarer (freier) Ladepunkte je Ladesäule. Aus den Daten ist erkennbar, wie viele Ladepunkte an einer Ladesäule derzeit nicht in Benutzung oder Wartung sind, daher können sich Aussagen ausschließlich auf den Terminus „Ladepunkt nicht verfügbar“ beschränken. Aussagen über den Grund der Nicht-Verfügbarkeit (z. B. Belegung durch ein ladendes Fahrzeug; Belegung durch ein angeschlossenes, nicht mehr ladendes Fahrzeug; Nicht-Verfügbarkeit durch Wartung) können aus den zur Verfügung stehenden Daten allein nicht getroffen werden.

Darüber hinaus beschränkt sich die Aussage Ladepunkt „frei“ bzw. „verfügbar“ lediglich auf die Ladesäule selbst. Ein der Ladesäule zugeordneter Parkstand kann trotz eines freien Ladepunktes an der Ladesäule aufgrund einer Fremdbeparkung belegt sein, so dass der freie Ladepunkt nicht für einen Ladevorgang nutzbar ist.

Die Aufbereitung und Auswertung der Daten erfolgte in mehreren Schritten. Der erste Schritt umfasste die Übernahme aktueller Änderungsstände und deren die Speicherung in speziellen Datenmodellen für die spätere Auswertung. Darauf aufbauend wurden Änderungsstände (zeitpunktbasierte Daten) der Anzahl verfügbarer Ladepunkte in zeitraumbasierte Nicht-Verfügbarkeits-Datensätze überführt. Hierfür werden aus den abgetasteten Verfügbarkeiten mittels Post-Processing Minuten-Zeitscheiben mit der Anzahl belegter Ladepunkte generiert.

Die folgende Abbildung 53 zeigt die angewendete Systematik der Überlagerung der Belegungsdaten des Parkraumsensors mit denen der Ladesäule. Auf der vertikalen Achse (y-Achse) des dargestellten Diagramms sind in Zeilen die Einzeltage des Betrachtungszeitraumes dargestellt. Auf der horizontalen Achse (x-Achse) sind die Minuten eines Tages dargestellt. Für jeden Tag des Betrachtungsintervalls sind in zwei Zeilen Belegungsdaten farblich hervorgehoben: in der jeweils oberen Zeile eines Tages die Belegungsdaten des Parkraumsensors, in der jeweils unteren Zeile eines Tages die Belegungsdaten der zugeordneten Ladesäule. Die Farbgebung orientiert sich an der Belegung: Eine rote Füllung repräsentiert die Belegung von zwei Parkständen oder Ladepunkten, eine gelbe Füllung die Belegung von einem Parkstand oder Ladepunkt und eine grüne Füllung die Belegung von keinem Parkstand oder Ladepunkt.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>52/ 95</p>
---	---	--	-------------------

Der Erwartungswert der Überlagerung ist – im Idealfall unter Ausschluss von Fehlbelegungen von Parkplätzen und Haltevorgängen ohne Ladevorgänge – die leicht zeitversetzte Übereinstimmung der Änderung von Verfügbarkeiten wie in der folgenden Abbildung 53 dargestellt. Ein am Parkstand ankommendes Fahrzeug wird vom Parkraumsensor erkannt und ein belegter Parkstand wird angezeigt. Kurze Zeit später wird das Fahrzeug vom Nutzer an die Ladesäule angeschlossen, so dass ein Ladepunkt der Ladesäule als belegt angezeigt wird. Nach erfolgter Ladung wird das Fahrzeug erst von der Ladesäule getrennt und anschließend vom Parkplatz wegbewegt. Der Ladepunkt und der Parkstand werden nacheinander als verfügbar dargestellt.

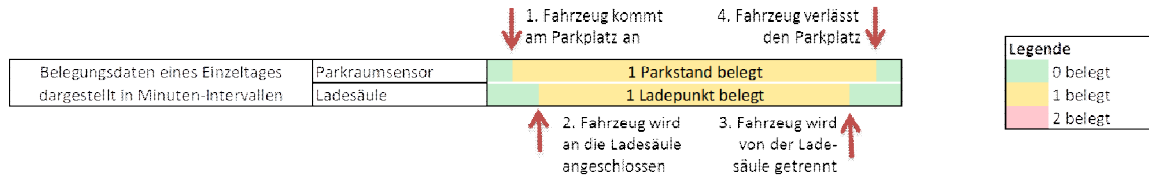


Abbildung 53: Idealfall der Überlagerung der Belegungsdaten des Parkraumsensors und der Ladesäule

Zur qualitativen Bewertung des Parkraumdetektors werden die generierten Belegungs-Daten der Ladesäule mit denen des Parkraumdetektors überlagert. Die folgende Abbildung 54 zeigt den Vergleich der Belegungsdaten der Ladesäule und des Parkraumdetektors auszugsweise für die Zeiträume März und Juni des Jahres 2016 in der oben erläuterten Systematik.

Das dargestellte Diagramm lässt folgende qualitative Bewertungen zu:

Es gibt Zeitbereiche, in denen die Überdeckung der Daten dem oben gezeigten Idealfall folgt (z. B.: 23. Juni, zweites und drittes Tagesviertel). Der Parkraumsensor ist in der Lage, die ankommenden, stehenden und abfahrenden Fahrzeuge zeitgerecht und richtig zu erkennen.

Es gibt Zeitbereiche, in denen mehr belegte Parkstände als Ladepunkte angezeigt werden, die Zeitpunkte der Belegungsänderungen jedoch der o. g. Systematik folgen (z. B. 27. März, ca. 3 Uhr bis ca. 10 Uhr). Hier ist von einer Fremdbeparkung eines Parkstandes auszugehen: Ein der Ladesäule zugeordneter Parkstand ist belegt, ohne dass das Fahrzeug an die Ladesäule angeschlossen ist.

Es gibt Zeitbereiche, in denen weniger belegte Parkstände als Ladepunkte angezeigt werden (z. B. 25. Februar, erste Tageshälfte). Hier kann eine Fehlmessung des Parkraumdetektors vorliegen, wobei dieser ein stehendes Fahrzeug nicht als solches erkennt. Weiterhin kann der Unterschied in der Interpretation der Ladesäulen-Verfügbarkeitsdaten begründet sein. Die dargestellte Information „2 Ladepunkte belegt“ wurde wie oben beschrieben näherungsweise aus der zur Verfügung gestellten Information „0 Ladepunkte frei“ gebildet, die auch in technischen Ausfällen oder Wartungsarbeiten an der Ladesäule begründet sein kann.

Es gibt Bereiche mit häufigen Wechsels der Situation. Hinter den Parkständen ist ein Briefkasten montiert (vgl. Abbildung 52 auf Seite 52). In den Vor-Ort-Begehungen hat sich ein großer Anteil von kurzen Haltevorgängen zur Nutzung des Briefkastens gezeigt.

Insgesamt kann aus den überlagerten Daten ein grundsätzlich positives Fazit gezogen werden. Die Verläufe der Belegungen sind in vielen Fällen nachvollziehbar und deuten auf eine grundsätzliche Eignung des Detektors zur Erkennung von Parkstandsbelegungen hin. In der Auswertung des gesamten Demonstrationszeitraumes sind hierbei deutliche Unterschiede in der Güte der Daten zu beobachten, die auf die sich ändernden Algorithmen der Detektor-Prototypen zurückgeführt werden.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>53/ 95</p>
--	--	---	-------------------

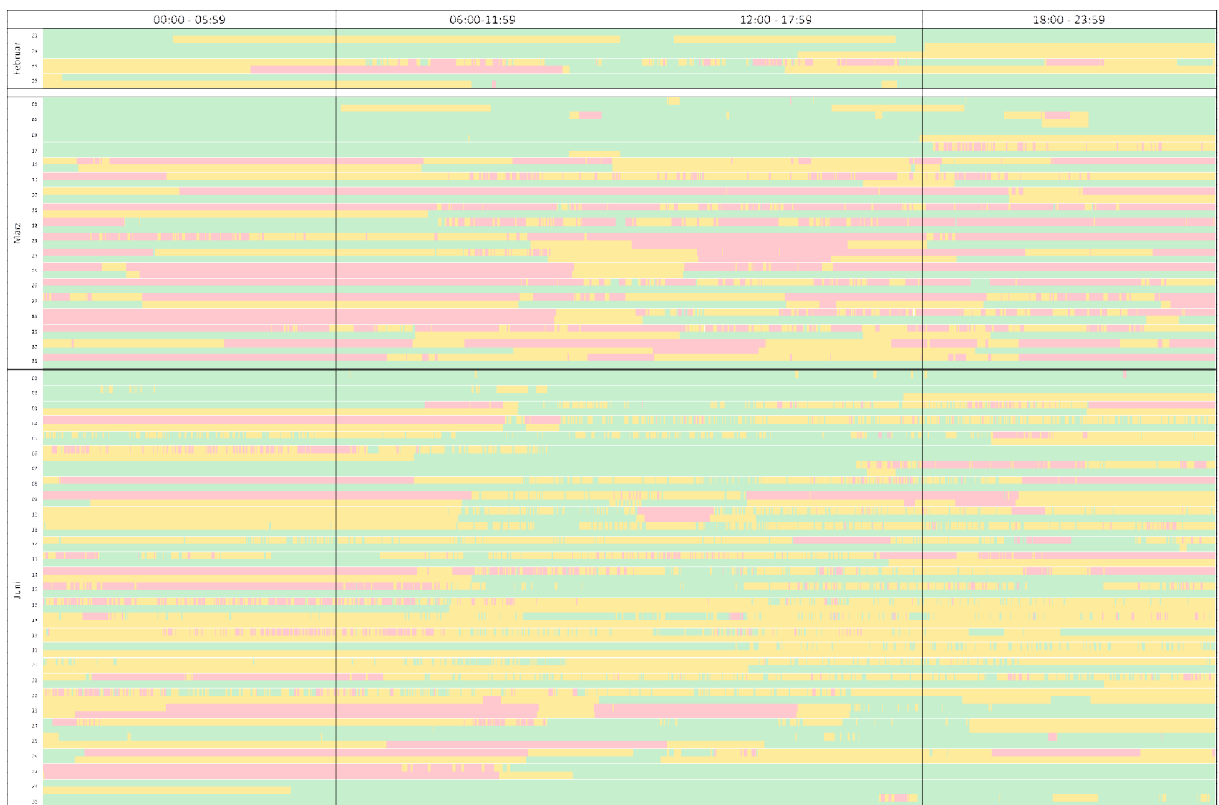


Abbildung 54: Überlagerung der Belegungsdaten der Parkraumsensoren mit denen der Ladesäule Handjerystraße

4.3.3.5 Vor-Ort-Besichtigungen

Während der Demonstrationsphase wurden an den Standorten Handjerystraße und Lindenstraße Vor-Ort-Besichtigungen durchgeführt. Diese Besichtigungen hatten zum Ziel, die gemessene Parkraumbelegung mit der realen Vor-Ort-Situation zu vergleichen und weiterführende Tests der Funktionsfähigkeit und Leistungsfähigkeit der Detektoren durchzuführen. Im Zeitraum November 2015 bis August 2016 wurden an den beiden Demonstrationsstandorten Handjerystraße und Lindenallee mehrere Begehungen durchgeführt, in denen die Vor-Ort-Situation dokumentiert und mit den auf der Webseite des Advanced Parking Management Systems (APM) angezeigten räumlich verorteten Belegungsdaten abgeglichen wurde.

In den Begehungen wurden u. a. nicht-systematische Zeitverzögerungen von bis zu zehn Minuten zwischen dem Anschluss eines E-Fahrzeugs an die Ladeinfrastruktur bis zum Erscheinen der Belegungsinformation an der Schnittstelle registriert. In quantitativen Auswertungen muss dies berücksichtigt werden, direkte quantitative Vergleiche der Belegungsdaten der Ladeinfrastruktur mit denen der Parkraumsensoren sind daher entsprechend zu interpretieren.

Im Projektverlauf variierten die Ergebnisse der Vor-Ort-Besichtigungen stark.

In einer frühen Projektphase zeigt der Detektor eine gute Erkennung der Position eines Fahrzeugs mit gleichzeitig hohen Latenzzeiten. Diese Situation ist in der folgenden Abbildung 55 dargestellt. Die Veränderung der Position des Fahrzeugs im Bereich der Parkstände führt zu einer nachvollziehbaren Verortung einer Belegung auf der APM-Oberfläche (rot/gelbe Box). Hierbei wurden Latenzzeiten (Dauer zwischen Vor-Ort-Veränderung bis zur Anzeige auf der Oberfläche) von bis zu einer Minute gemessen. Nur ein Fahrzeug wurde in dieser Begehung zu einem Zeitpunkt dargestellt. Verlässt das sich zuerst im Bereich befindliche Fahrzeug den Messbereich, wird das zweite mit geringem Zeitverzug plausibel verortet. Die Box der Belegung wurde unabhängig von der Fahrzeug-Größe mit Standardmaßen in der Oberfläche dargestellt. Die geografische Verortung der Parkstände (grüne Box im Bild) entsprach nicht der realen Vor-Ort-Situation.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>54/ 95</p>
--	--	---	-------------------



Abbildung 55: Vor-Ort-Begehung: oben: Real-Situation, unten: Anzeige der APM-Oberfläche: plausible Verortung des erkannten Fahrzeugs

In zwei Begehungen konnten aufgrund technischer Defekte keine Erfassungen erfolgen.

In zwei Begehungen konnten neben korrekten Situationserfassungen der dauerhaften Belegung aller Parkstände keine Änderungen dargestellt werden.

In weiteren Begehungen konnte die technische Weiterentwicklung der Algorithmen nachvollzogen werden. Mit der Anzeige der Belegung fester Parkstände konnten auch die gleichzeitige Erkennung mehrerer Fahrzeuge sowie die Belegung mehrerer Parkstände durch ein Fahrzeug am Standort Lindenstraße nachvollzogen werden. Dabei wurde das Testfahrzeug in mehreren Szenarien auf den einzelnen Parkständen bewegt und in verschiedenen Ausrichtungen abgestellt. Im Ergebnis dieser Erhebung konnte eine nachvollziehbare Erkennung der Vorgänge beobachtet werden, wobei die Anzeige auf der Oberfläche spiegelverkehrt erfolgte. Dies ließ sich auf fehlerhafte Zuordnungen der Sensoren zu den Parkständen im Frontend zurückführen. In späten Vor-Ort-Begehungen konnte eine Verringerung der Latenzzeiten zwischen der Änderung der Ist-Situation und der Anzeige im Frontend auf ca. 5 bis 30 Sekunden beobachtet werden.

Als Ergebnis der Vor-Ort-Begehungen kann ein grundsätzlich positives Fazit gezogen werden. In Testfällen war sowohl die Erkennung von Fahrzeugen als auch deren räumliche Verortung von den Detektoren Handjerystraße und Lindenstraße plausibel. Die Latenzzeiten waren mit Werten unter 30 Sekunden in einem für den Anwendungsfall geeigneten Bereich. Zum Zeitpunkt des Projektabschlusses konnten Weiterentwicklungspotenziale insbesondere im Frontend und der Versorgung der Oberfläche ausgemacht werden.

4.3.3.6 Quantitativer Grob-Bewertungsansatz des Parkraumsensors

Ziel der quantitativen Bewertung ist eine grobe Einordnung der Plausibilität der Belegungserkennung durch den Parkraumsensor. Hierfür werden die Datengrundlagen der Überlagerung der Belegungsdaten der Ladesäule Handjerystraße mit denen des Parkraumsensors (vgl. Kapitel 4.3.3.4) verwendet. Für die quantitative Bewertung gelten dementsprechend die gleichen Einschränkungen hinsichtlich der Aussagekraft der Daten (Beeinflussung durch Fremdbeparkung, nicht-systematische Zeitversätze bzw. Latenzzeiten zwischen Vor-Ort-Situationsänderung und Anliegen der Informationen an den Schnittstellen, kurzzeitige Halte zur Nutzung des Briefkastens). Der Datensatz enthält minutengenaue Belegungsdaten und wird auf solche Zeitbereiche reduziert, in denen beide Quellen (Parkraumsensor und Ladesäule) Belegungsdaten lieferten, d. h. der Belegungsstatus nicht „unbekannt“ war. Die quantitative Grob-Bewertung erfolgt anhand folgender Regel: Wenn der Parkraum-Sensor in einem Minuten-Intervall gleich viele oder mehr belegte Parkplätze anzeigt als die Ladesäule, gilt das Intervall als richtig gemessen, sonst als falsch. Von ca. 37.000 Wertepaaren (Minutenintervallen), an denen beide Quellen als verlässlich eingestufte Daten lieferten, wurden vom Detektor an rund 31.500 Intervallen gleich viele oder mehr Parkplätze als belegt angezeigt als an der Ladesäule. Dies entspricht einer Plausibilität der Daten unter den oben dargestellten Einschränkungen von rund 85 %.

4.3.3.7 Datengrundlagen zur Bewertung der Messfunktion für den fließenden Verkehr

Die Parkraumsensoren sollen neben der Belegungserkennung von Parkständen auch Funktionen für die Verkehrsstärkemessung und Geschwindigkeitsmessung des fließenden Verkehrs enthalten. Zur Bewertung dieser Funktionen werden Referenzdatengrundlagen bereitgestellt. Als Referenzdetektoren wurden zwei Messstellen vom Typ Traffic Eye Universal der Siemens AG im

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>55/ 95</p>
---	---	--	-------------------

Demonstrationsgebiet montiert. Die erforderlichen Vorprüfungen zur Montage der Messstellen hinsichtlich Perspektiven, Standortwahl, Lichteinfall etc. wurden im Rahmen der Vorplanung durchgeführt.

Von den zehn für die Parkraumsensoren vorgesehenen Montageorten (vgl. Abbildung 57) eignen sich verkehrlich lediglich die neun Lichtmasten auf der Bundesallee. Die nördlichen Lichtmasten 206 und 207 können aufgrund ihrer Nähe zur Lichtsignalanlage am Knotenpunkt Handjerystraße nicht verwendet werden. Die Begrünung um die Lichtmasten 204, 210, 213 und 215 verhindert entweder die ungestörte Detektion der Straße (Blätter / Äste wachsen in das mögliche Detektionsfeld eines Detektors an diesen Lichtmasten) oder die Solar-gestützten Energieversorgung (Baumbewuchs in südlicher Richtung der Lichtmasten, Blätter wachsen über dem möglichen Montageort des Solarpanels am Lichtmast). Lichtmast 211 ist mit seinem Standort hinter der ausgeführten Bus-Parktasche als Montageort ungeeignet, da die Erfassungs-Geometrien eine ungestörte Detektion des zweiten (linken) Fahrstreifens nicht gewährleisten.

Als Montageorte für die geplanten zwei Messquerschnitte wurden aufgrund der genannten lokalen Gegebenheiten die beiden Lichtmasten 212 und 214 in Fahrtrichtung Süd ausgewählt (vgl. Abbildung 56). An diesen Lichtmasten wurden die Messstellen M705 und M706 am 20.08.2015 errichtet und in Betrieb gesetzt. Eine manuelle Referenzdatenerhebung am 01.09.2015 plausibilisierte die Messergebnisse der beiden Messstellen.

Für die Evaluation der Geschwindigkeitsmessfunktion der Parkraumdetektoren steht damit eine Referenzdatengrundlage zur Verfügung. Die Gegenüberstellung der Daten kann Abbildung 14 entnommen werden

Neben der Bereitstellung von Verkehrsmessdaten stationärer Detektion für die Evaluation der Messfunktionen des fließenden Verkehrs wurde eine prototypische Smartphone-Anwendung entwickelt. Diese Anwendung kann zur Erhebung und Speicherung der Trajektorien (Fahrverlaufdaten) von Einzelfahrzeugen im FCD-Verfahren (mitbewegte Messung) genutzt werden. Die Anwendung kann mittels eines Smartphones aufgerufen werden und die aktuellen Positionsdaten des Smartphones an die VMZ Berlin übertragen. Die Abbildung 58 zeigt einen mittels der Webanwendung und einem Smartphone aufgezeichneten Fahrgeschwindigkeitsverlauf.

Die mittels dieser Webanwendung erhobenen Daten sind anonymisiert und bilden ausschließlich die Trajektorien während der aktiven Nutzung der App ab. Die Anwendung ist ausschließlich für die Evaluation des City2.e-Demonstrators vorgesehen.

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	56/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

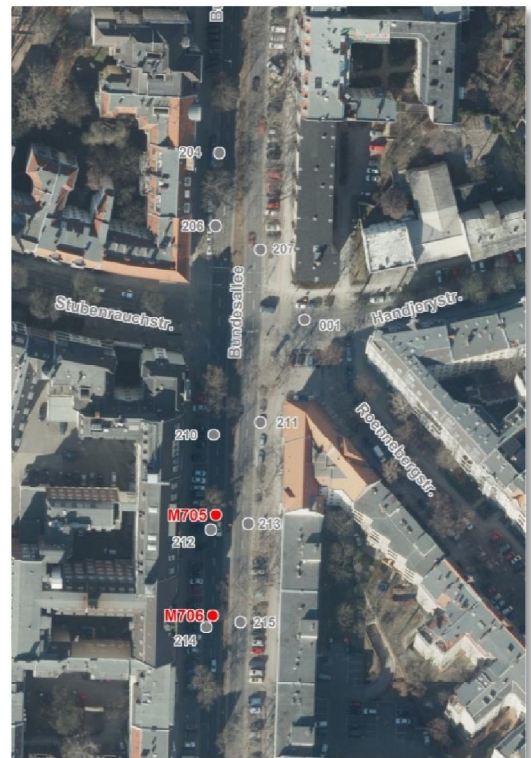


Abbildung 56: Nördlicher Messquerschnitt M705 an Lichtmast 212 vor Einfahrt Bundesallee 87-88 (oben) und südlicher Messquerschnitt M706 an Lichtmast 214 vor Bundesallee 89 (unten)

Abbildung 57: Standorte für stationäre Detektion; Luftbild: SenStadtUm 2011



Abbildung 58: aufgezeichnete Positionsdaten aus der prototypischen Webanwendung. 13

¹³ Farbgebung: Geschwindigkeit: rot ~ niedrige Geschwindigkeit ... grün ~ hohe Geschwindigkeit, Luftbild: SenStadtUm 2011

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>57/ 95</p>
---	---	--	-------------------

4.3.3.8 Fazit der Evaluation

Ziel der Evaluation des City2.e-Demonstrators war die Prüfung der Tragfähigkeit des Systemansatzes des Parkraumsensors in einer Machbarkeitsstudie (Proof of Concept). Die Ergebnisse sollen eine Grundlage für die Weiterentwicklung des Sensors und des Gesamtsystems bilden.

Für die Evaluation wurden die Messdaten des Parkraumsensors in der Demonstrationsphase gespeichert und verfügbaren Belegungsdaten bestehender Ladeinfrastruktur qualitativ gegenübergestellt. Darüber hinaus wurden Vor-Ort-Begehungen durchgeführt, um die realen Situationsänderungen den gemessenen und im Frontend von City2.e dargestellten Daten gegenüberzustellen. Weiterhin wurden Grundlagen bereitgestellt, um weitere Funktionen des Sensors zu evaluieren.

Insgesamt kann ein positives Fazit der Demonstrationsphase gezogen werden. In den Vor-Ort-Begehungen zeigte sich die Eignung des Detektors zur Belegungserkennung von Parkständen. Die Güte der Erkennung ist dabei stark von den Vor-Ort-Bedingungen (Montageort des Detektors, Ausrichtung der Parkstände, Beeinflussungen des Erfassungsbereiches durch z. B. Bäume) und der Projektphase abhängig. Unter günstigen Rahmenbedingungen konnte eine gute Erkennung und räumliche Verortung der Fahrzeuge bei gleichzeitig niedrigen Latenzzeiten beobachtet werden.

Gleichzeitig zeigten sich in der Evaluation die Komplexität des Gesamtsystems und der prototypische Charakter des Demonstrationsaufbaus. Insbesondere in der Stabilität des Gesamtsystems (insbesondere die Stabilität der lokalen Datenübertragung) sowie der Parametrierung der Frontend-Anwendungen, der Zuordnung von Detektoren zu Messfeldern sind zum Ende der Projektlaufzeit Weiterentwicklungspotenziale vorhanden.

4.3.4 Eignung des Kombinationsdetektors für das operative und strategische Verkehrsmanagement

4.3.4.1 Zielstellung

Parken in zweiter Reihe stellt für den fließenden Verkehr insbesondere in Ballungsräumen ein hohes Störungspotenzial dar und führt in Lastzeiten zu Staus und damit zu erhöhten Umweltbelastungen und Zeitverlusten für alle Verkehrsteilnehmer. Mit dem im Rahmen von City2.e entwickelten kombinierten Detektor für den ruhenden und fließenden Verkehr ergibt sich erstmals die Möglichkeit, solche Phänomene direkt zu erfassen und einen Beitrag zur Verflüssigung des Verkehrs und zu einer Reduktion der Emissionen aller Fahrzeuge zu leisten. Darüber hinaus ergeben sich durch die Erfassung längerer Abschnitte (gegenüber der derzeit überwiegend praktizierten strategischen Detektion an einem einzelnen Querschnitt je Abschnitt) neue Potenziale für das operative und strategische Verkehrsmanagement.

Im Rahmen des Projektes wird die Nutzbarkeit eines solchen Kombinationsdetektors für die automatische Störungs-Erkennung und Klassifizierung (z. B. Störungen verursacht durch Zweite-Reihe-Parker) durch die Verknüpfung der Informationen zu ruhendem und fließendem Verkehr untersucht. Im Folgenden erfolgt für einen Beispielabschnitt des Berliner Hauptverkehrsstraßennetzes eine verkehrliche Analyse, auf deren Basis eine Potenzialanalyse des Kombinationsdetektors durchgeführt wird.

4.3.4.2 Verkehrliche Analyse

Ziel der verkehrlichen Analyse ist die Klassifizierung von verkehrsstörenden Ereignissen anhand vorliegender Verkehrsmessdaten. Die verkehrliche Analyse beruht dabei auf streckenabschnittsbasierten Reisezeitdaten aus Floating-Car-Data des Anbieters TomTom und lokalen Verkehrsmessdaten aus stationärer Detektion vom Typ Siemens Traffic Eye Universal. Diese konnten im Rahmen von City2.e nicht für das Demonstrationsgebiet Bundesallee beschafft werden. Daher wurde mit der Potsdamer Straße auf einen Streckenabschnitt zurückgegriffen, für den beide Messdatenarten für eine Analyse zur Verfügung stehen.

Im ersten Schritt wurden die Archive der Level of Service (LoS) aus Floating-Car-Daten für das erste Halbjahr 2014 ausgewertet. Hierfür wurden, wie beispielhaft in der folgenden Abbildung 59 dargestellt ist, die Level of Service in Weg-Zeit-Diagrammen der Potsdamer Straße dargestellt. Dabei ist im Diagramm die Verkehrsqualität an einem Beispieltag in 5-Minuten-Intervallen vertikal (y-Achse) sowie im Streckenverlauf der Potsdamer Straße in Fahrtrichtung Nord zwischen Großgörschenstraße und Schöneberger Ufer horizontal (x-Achse) von links nach rechts dargestellt. Die Klassifizierung der verkehrsstörenden Ereignisse erfolgt anhand der vorliegenden Daten in folgende vier Gruppen:

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	58/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Beeinträchtigungen der Verkehrsqualität, die große Teile des Tages vorherrschen: Diese Beeinträchtigungen werden auf dauerhafte Kapazitätsbegrenzungen (z. B. verursacht durch Baustellen oder Lichtsignalanlagen) zurückgeführt. Im untenstehenden Beispiel tritt eine solche Beeinträchtigung am Abschnitt nördlich der Lützowstraße auf.

Beeinträchtigungen der Verkehrsqualität, die zeitlich begrenzt auftreten: Diese Beeinträchtigungen werden auf Kapazitätsprobleme zurückgeführt, die in Abhängigkeit der Verkehrsbelastung und des LSA-Programms auftreten. Im untenstehenden Beispiel tritt eine solche Beeinträchtigung am Abschnitt zwischen Großgörschenstraße und Göbenstraße auf.

Beeinträchtigungen der Verkehrsqualität, die zeitlich in ihrer Schwere variieren: Diese Beeinträchtigungen werden auf Rückstaueffekte eines vorgelagerten Kapazitätsproblems zurückgeführt, das sich in Abhängigkeit der Verkehrsstärke unterschiedlich stark auswirkt. Im untenstehenden Beispiel ist dies im Bereich Pohl- bis Lützowstraße sichtbar, zurückzuführen auf die dauerhafte Kapazitätseinschränkung nördlich der Lützowstraße.

Beeinträchtigungen der Verkehrsqualität, die räumlich-zeitlich variieren, sich nicht von einem sichtbaren Ereignis zurückziehen und scheinbar willkürlich auftreten. Solche Ereignisse, im untenstehenden Beispiel insbesondere im Bereich Goebenstraße bis Pohlstraße anhand eines „Flackerns“ zu erkennen, legen die Vermutung nahe, dass es sich dabei um singuläre Effekte handelt. Diese Effekte können z. B. temporäre Kapazitätseinschränkungen an Knotenpunkten (LSA) oder temporäre Kapazitätseinschränkungen im Streckenverlauf, z. B. durch Zweite-Reihe-Parker sein.



Abbildung 59: Level of Service auf der Potsdamer Straße eines Einzeltages im Weg-Zeit-Diagramm

Der folgenden Potenzialanalyse liegt die These zugrunde, dass die räumlich-zeitlich variierenden temporären Beeinträchtigungen der Verkehrsqualität durch Zweite-Reihe-Parker ausgelöst werden. Die folgende Abbildung 60 zeigt die angeordnete Verkehrsorganisation auf dem zweistreifigen Abschnitt der Potsdamer Straße. An Werktagen ist die Nutzung des rechten Fahrstreifens zwischen 7:00 und 9:00 Uhr sowie zwischen 14:00 und 18:00 Uhr den dargestellten Nutzergruppen „Bus“, „Lkw“, „Krankfahrzeuge“ und „Taxi“ vorbehalten. Damit beschränkt sich der nutzbare Straßenquerschnitt für den sonstigen Individualverkehr in diesen Zeiten auf einen Fahrstreifen.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>59/ 95</p>
---	---	--	-------------------



Abbildung 60: Verkehrsorganisation auf der Potsdamer Straße

Zur Verifizierung der These ist in der folgenden Abbildung 61 die Auswertung der Verkehrsqualität eines halben Jahres für den Abschnitt Potsdamer Straße in Fahrtrichtung Nord zwischen Alvenslebenstraße und Bülowstraße dargestellt. Die x-Achse stellt die Stunde des Tages dar, auf der y-Achse sind die Tage des Jahres von Januar bis Juni dargestellt. Die Verkehrsqualität wird für 5-Minuten-Intervalle anhand der Farbgebung dargestellt: Grün entspricht einer „normalen“ Reisegeschwindigkeit auf dem Abschnitt¹⁴ in gelben Intervallen wird eine leichte Absenkung der Reisegeschwindigkeit auf dem Abschnitt erkannt, in roten Intervallen liegt eine starke Absenkung der Reisegeschwindigkeit auf dem Abschnitt vor. Auf dem dargestellten Abschnitt kommt es wiederkehrend zwischen 8:00 und 21:00 Uhr zu Störungen (LoS Gelb), zwischen 9:00 und 10:30 Uhr vermehrt zu stärkeren Störungen (LoS Rot). Diese Beobachtung widerspricht dem Erwartungswert, dass zwischen 9:00 und 14:00 Uhr durch die zur Verfügung stehende Kapazität zweier Fahrstreifen weniger Störungen auftreten.

In einer Vor-Ort-Begehung konnten diese Einschätzungen verifiziert und dokumentiert werden: Zweite-Reihe-Parker treten auf den entsprechenden Abschnitten häufig auf und führen zu verkehrlichen Problemen und Rückstauwirkungen. Insbesondere Lieferwagen, die auf der Busspur kurzzeitig hielten, haben die Kapazität so weit eingeschränkt, dass temporäre Verkehrsprobleme entstanden.

¹⁴ „Normal“ bedeutet hier: die Reisegeschwindigkeit ist größer als 80% der als ungestört angenommenen nächtlichen Reisegeschwindigkeit.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>60/ 95</p>
---	---	--	-------------------

VIZ Halbjahres LOS: Potsdamer Straße
zwischen Alvenslebenstr. und Bülowstr., Fahrtrichtung Nord
Zeitraum: 01.01.- 30.06 00:00 bis 24:00 Uhr (5-Minuten-Intervall)

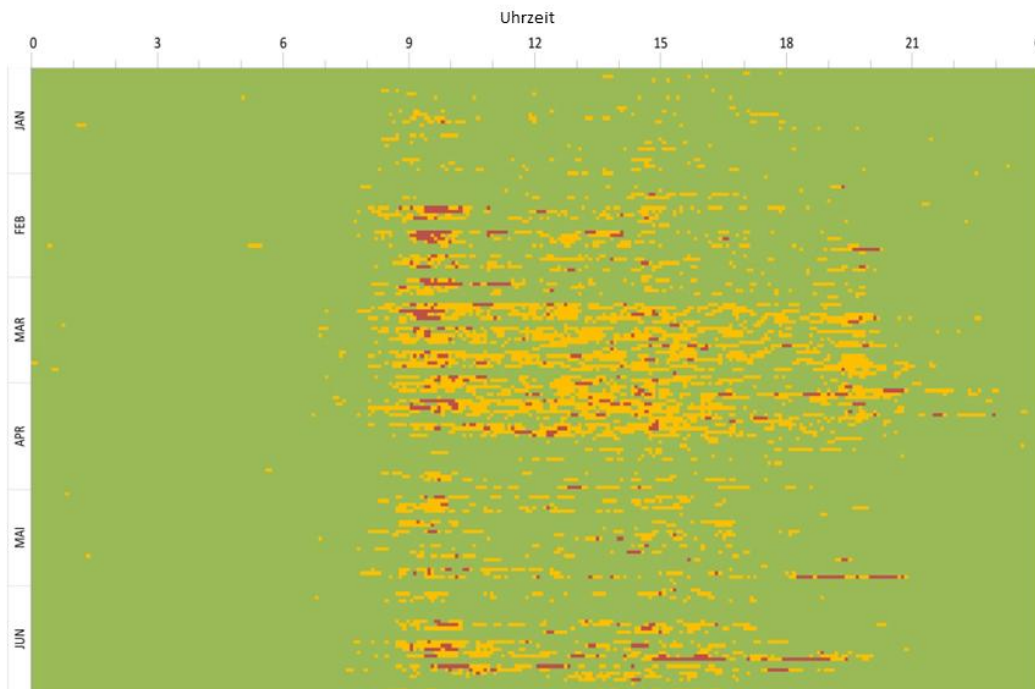


Abbildung 61: streckenabschnittsbezogene Auswertung der FCD-LOS des ersten Halbjahres 2014

Im Ergebnis der verkehrlichen Analyse konnte gezeigt werden, dass aus den Daten der Verkehrs-Detektion grundsätzlich verschiedene Typen verkehrsstörender Ereignisse erkannt werden können. Mittels einer Mustererkennung konnte darauf geschlossen werden, dass temporäre Ereignisse wie z. B. Zweite-Reihe-Parker ursächlich für diese Störungen sind. Weiterhin konnte eine Abgrenzung solcher Störungen zu anderen kapazitätsbedingten Störungen, z. B. durch LSA-Programme oder zu hohe Nachfrage verursacht, erfolgen. In der Vor-Ort-Begehung konnte diese These bestätigt werden.

4.3.4.3 Potenzialanalyse

Im Folgenden wird eine Potenzialanalyse des Parkraumdetektors für das operative und strategische Verkehrsmanagement durchgeführt. Hierzu werden ausgehend von der oben aufgestellten These, dass Zweite-Reihe-Parker zu temporären Verkehrsstörungen führen, die volkswirtschaftlichen Kosten solcher Störungen auf einem Streckenabschnitt berechnet. Diese Kosten werden als Potenzial angesehen, das durch die Nutzung eines Kombinationsdetektors, der die zeitgerechte Information von Ordnungskräften erlaubt, gehoben werden kann.

Zur Berechnung des Potenzials, der volkswirtschaftlichen Verluste durch Zweite-Reihe-Parker, werden Messdaten eines strategischen Detektors an der Potsdamer Straße zwischen Bissingzeile und Lützowstraße verwendet. Die Messdaten des Jahres 2013 werden in einer intensiven Datenaufbereitung mit Ersatzwertbildung, Identifikation von Ausreißern zu lückenlosen Zeitreihen aus 5-Minuten-Werten aufbereitet.

Am Streckenabschnitt galt im Jahr 2013 eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h. Als gestörtes Intervall gelten diejenigen 5-Minuten-Intervalle, in denen eine lokale Geschwindigkeit von weniger als 35 km/h gemessen wurde. Intervalle mit Störungen werden zu zusammenhängenden Störungen zusammengefasst, wobei eine Störung als beendet gilt, sobald nach einem gestörten Intervall ein Intervall mit einer mittleren lokalen Geschwindigkeit von mehr als 35 km/h gemessen wird. Für die folgenden Betrachtungen werden nur diejenigen Störungen betrachtet, die bis zu 20 Minuten andauern. Solche „kurzen Störungen“ werden als durch Kurzzeit-Parker in zweiter Reihe (Lieferr/Laden) verursacht angenommen.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>61/ 95</p>
--	--	---	-------------------

Für die kurzen Störungen werden die gemessenen Verkehrsstärken unterschieden nach [Pkw/h] und [Lkw/h] herangezogen. Die durch die Störung verursachten Verlustzeiten werden für den Abschnitt aus der Differenz der mittleren lokalen Geschwindigkeit im gestörten Intervall zur annahmegemäßen lokalen Geschwindigkeit im ungestörten Fall mit 50 km/h berechnet, wobei für den Abschnitt eine Länge von 250 m als ungestörte Fahrtstrecke angenommen wird. Bei ungestörter Fahrt mit einer Reisegeschwindigkeit von 50 km/h passiert ein Fahrzeug den Streckenabschnitt in 18 Sekunden. Bei einer auf 20 km/h reduzierten Reisegeschwindigkeit verlängert sich die Passierdauer auf 45 Sekunden. In einem gestörten 5-Minuten-Intervall mit einer auf 20 km/h reduzierten lokalen Geschwindigkeit entstehen jedem Fahrzeug 27 Sekunden Verlustzeit. Mit den lokal gemessenen Verkehrsstärken werden die Verlustzeiten je Fahrzeug auf die Anzahl der betroffenen Fahrzeuge, unterteilt nach Pkw und Lkw hochgerechnet.

Insgesamt ergibt sich für das Jahr 2013 eine Verlustzeit von 1.164 Kfz*h. Davon entfallen 1.094 Stunden auf Pkw und 70 Stunden auf Lkw (inkl. Bus). Da die Ursache der Störungen nicht mit absoluter Sicherheit bestimmt werden kann, wird für die weitere Potenzialanalyse ein Abschlag von 50 % der Verlustzeiten durchgeführt und werden 582 Kfz*h Verlustzeit in die auf dem Abschnitt als Jahres-Gesamtverlust verwendet.

Unter Nutzung der Bewertungsmethodik der Bundesverkehrswegeplanung 2003 mit auf das Jahr 2013 aufgezinnten Wertansätzen werden die Verlustzeiten monetarisiert. Hierfür werden die Pkw in gewerblich und privat genutzte Fahrzeuge sowie in Fahrzeuge mit Otto- bzw. Diesel-Motor getrennt. Es werden ausschließlich Fahrzeugvorhalte- sowie Zeitkosten der Fahrer und Mitfahrer je nach Einsatzzweck als Bewertungsbestandteile angesetzt.

Insgesamt ergibt sich mit dem vereinfachten Verfahren ein volkswirtschaftlicher Verlust im Jahr 2013 auf dem ca. 400 m langen Abschnitt aus kurzen Störungen von 16.933 €. Der größte Anteil davon entsteht mit 10.645 € bei gewerblichen Pkw, davon wiederum der maßgebliche Anteil von 10.324 € aus den Personalkosten der Insassen und 321 € aus Fahrzeugvorhalte- und Betriebskosten. Ein Verlust in Höhe von 4.316 € entsteht bei privaten Pkw, davon 3.603 € aus Zeitkosten der Insassen zzgl. 714 € Fahrzeugvorhalte- und Betriebskosten.

Der Schwerverkehr wird in sechs Fahrzeugklassen mit Fahrzeuggruppenanteilen für Berlin (innerorts¹⁵) aufgeteilt: leichte Lkw, Lkw ohne Anhänger, Lkw mit Anhänger, Sattelschlepper, Linienbus und Reisebus. Insgesamt entstehen in dieser Fahrzeuggruppe 1.972 € Verlust, davon 148 € aus Vorhalte- und Betriebskosten, 1.232 € aus Personalkosten gewerblicher Insassen sowie 592 € aus Zeitkosten der privaten Insassen (Bus).

4.3.4.4 Fazit

Mit dem im Rahmen des Forschungsprojektes entwickelten kombinierten Detektor für den ruhenden und fließenden Verkehr ergibt sich erstmals die Möglichkeit, Zweite-Reihe-Parker und die durch sie verursachten Verkehrsbehinderungen direkt zu erfassen und einen Beitrag zur Verflüssigung des Verkehrs und zu einer Reduktion der Emissionen aller Fahrzeuge zu leisten.

Für die Untersuchung der Eignung des Kombinationsdetektors für das operative und strategische Verkehrsmanagement wurde mit der Potsdamer Straße in Berlin ein alternativer Streckenabschnitt verwendet, an dem beide Datenquellen (lokale Messquerschnitte und FCD-Verkehrsdaten) vorhanden sind. Auswertungen lokaler Verkehrsmessdaten aus stationärer Detektion sowie von FCD-Daten über einen längeren Abschnitt der Potsdamer Straße zeigten Störungsmuster, die einerseits auf infrastrukturelle Gegebenheiten (kapazitätsbedingte Störungen ausgehend von Knotenpunkten) sowie die Verkehrsnachfrage (Störungen durch Überlastungen insbesondere in Spitzenzeiten) zurückgeführt werden können. Darüber hinaus konnten wiederkehrende Ereignisse identifiziert werden, die aufgrund ihrer Charakteristika als mögliche Störungen durch Zweite-Reihe-Parker bewertet wurden. In einer Vor-Ort-Beobachtung konnte diese Bewertung bestätigt werden.

Darauf aufbauend wurde für das Jahr 2013 eine vertiefte Untersuchung durchgeführt, in der u. a. gezeigt werden konnte, dass es sich bei den Störungsmustern um kontinuierlich wiederkehrende Phänomene handelt. Eine Auswertung der lokalen Detektion ergab, dass im Jahr 2013 am untersuchten Streckenabschnitt an 194 Werktagen jeweils mehr als fünf Ereignisse messbar waren, die auf Zweite-Reihe-Parker zurückgeführt werden. Insgesamt waren von Störungen dieses Typs im Jahr 2013 am Referenz-Messquerschnitt ca. 335.000 Fahrzeuge betroffen.

¹⁵ BWVP2003, S. 163

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	62/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Unter konservativ getroffenen Annahmen und unter Nutzung eines aus der Berechnungsmethodik des Bundesverkehrswegeplans 2003 abgeleiteten vereinfachten Ansatzes zur Nutzen-Kosten-Berechnung werden die jährlichen aus den Störungen resultierenden volkswirtschaftlichen Kosten für die Verkehrsteilnehmer auf dem ca. 400 m langen Abschnitt auf ca. 17.000 € geschätzt.

Zur stadtweiten Potenzialabschätzung wurden verschiedene räumliche Übertragungsansätze erarbeitet. Hierfür wurden die Daten der 380 lokalen Verkehrsmessstellen der VIZ Berlin des Jahres 2013 herangezogen. Auf Basis der durchgeführten Datenauswertungen konnten jedoch keine plausiblen Ergebnisse erreicht werden.

Auf Basis der erreichten Ergebnisse wird für einen Kombinationsdetektor – bei Einbindung in ein entsprechendes Gesamtsystem und einer Schaffung der organisatorischen, technischen und politischen Voraussetzung – ein positives Potenzial zur Reduzierung von Störungen und damit von Luftschadstoffen, Lärmbelastungen sowie volkswirtschaftlichen Kosten gesehen.

4.4 Ergebnisbericht IKEM

Erstellt durch: Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM)
Ass. jur. Matthias Hartwig
Johannes Schmitz, M. A.
Ass. jur. Hannes Doderer

4.4.1 Grundlagen

4.4.1.1 Ergebnisbericht

Der vorliegende Ergebnisbericht des IKEM ist als Zusammenfassung der Ergebnisse zu verstehen. Er ist im Wesentlichen Deckungsgleich mit dem „Schlussbericht Teilvorhaben“ den das IKEM dem Projektträger zum Ablauf seiner eigenen Projektlaufzeit bereits im Oktober 2016 vorgelegt hat. Das eigentliche, gesamte Projektergebnis des IKEM ist dem Gutachten „City2.e 2.0 - Parkraummanagement und Parkraumbewirtschaftung durch intelligente Radarsensorik - Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung“ (ca. 350 Seiten) zu entnehmen. Nach Rücksprache mit dem Projektträger wird dieses Abschlussgutachten als Anhang zum vorliegenden Ergebnisbericht vorgelegt.

4.4.1.2 Problemstellung und Ausgangslage

Wie bereits dargestellt, hat der Parksuchverkehr bislang wenig Beachtung bei der Betrachtung von verkehrlichen Belastungen erhalten. Die Suche nach einem Parkplatz geht mit den üblichen negativen Effekten für die Umwelt – Lärm, Luftverschmutzung und CO₂-Ausstoß – einher, ohne dass die Mobilität bzw. der Nutzen der Verkehrsteilnehmer gesteigert würde. Vielmehr wird die Parkplatzsuche als Nutzenminderung und als Beschränkung der Mobilitätsmöglichkeiten empfunden. Die wissenschaftliche Vernachlässigung liegt nicht zuletzt daran, dass der Parkvorgang nicht ausreichend als vollwertiger Teil der Wegeereigniskette anerkannt wurde. Die Berücksichtigung ist jedoch nicht zuletzt auch notwendig zur Umsetzung von Konzepten, die einen ganzheitlichen, also inter- und multimodalen Ansatz verfolgen, alle relevanten Mobilitätsanbieter in einer Plattform zusammenfassen und Angebote und Informationen zur Verfügung stellen, welche den individuellen Bedürfnissen aller Verkehrsteilnehmer entsprechen. Alle mit der Optimierung des Parkraumbangebots zusammenhängenden rechtlichen, politischen und ökonomischen Fragen sowie die Erarbeitung eines Konzepts zur Koordination und Steuerung des Parksuchverkehrs mit den Möglichkeiten zukunftsweisender Verkehrstelematik wurden daher vom IKEM in das Zentrum des eigenen Projektteils bei City2.e (Realisierungsphase) gestellt.

Der technische Projektschwerpunkt liegt in der Entwicklung einer Radarsensorik zur Parkplatzüberwachung. Hierbei wurde von den Projektträgern gemeinsam über mögliche Funktionserweiterungen der Parkraumsensorik insbesondere durch RFID-Detektoren nachgedacht, um den Bereich Parkplatzüberwachung um Möglichkeiten zur Zuordnung von Parkvorgängen und der Überwachung von Parkberechtigungen zu erweitern. Diese Erweiterung der Sensorik war von Seiten der technischen Umsetzung bisher nicht Teil des Projekts, sondern lediglich Teil der gemeinsamen konzeptionellen Überlegungen zum späteren Einsatz der Sensorik in der Praxis. Da im Zentrum der Untersuchungen des IKEM mögliche Anwendungsfälle der Sensorik in der Praxis standen, wurden die erweiterten Funktionen der Sensorik durch RFID-Lesegeräte in die rechtliche, politische und ökonomische Analyse unmittelbar mit einbezogen. Das ermöglicht auch einen bereiteren Ausblick auf

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	63/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

die Chancen und Grenzen des Einsatzes von straßennahen sensorischen Verkehrstelematiksystemen im Allgemeinen, insbesondere im Bereich Datenschutz und Informationsrecht.

Auch ganz allgemein kann ein verbessertes Parkraummanagement für alle Fahrzeuge das Verkehrsaufkommen reduzieren, wenn Parkplatzsuchende schneller einen Parkplatz finden und damit Überlastungen und Staus vermeiden. Fahrtkosten können reduziert werden und die Verkehrssicherheit – auch für Fußgänger und Radfahrer – wird erhöht, da weniger Autofahrer durch die Suche nach einem Parkplatz abgelenkt sind. Durch geringeres Verkehrsaufkommen und sinkenden Kraftstoff- bzw. Energieverbrauch reduziert sich auch die Umwelt- und Klimabelastung. Bei verbesserter Effizienz der Parkvorgänge kann eine gewisse Anzahl von Parkplätzen gar anderen Nutzungsarten zugeführt werden, sodass die städtische Lebensqualität auch auf diese Weise aufgewertet werden kann. Daher hat das IKEM seine Betrachtung auf das Parkraummanagement unterstützt durch die Parkraumsensorik im Allgemeinen ausgeweitet.

Eine geeignete IT-Plattform, die Informationen über Parkmöglichkeiten, auch speziell Standorte und die Verfügbarkeit von Ladestationen, für Verkehrsteilnehmer, Drittanbieter und städtische Akteure anbietet, kann dabei helfen, die genannten Ziele zu erreichen. Die mit einem verbesserten Parkraummanagement verbundene Reduzierung des Parksuchverkehrs und die Effektivierung der Nutzung inter- und multimodaler Verkehrsangebote können nicht nur einen Mehrwert bei der Nutzung von Elektrofahrzeugen und ihrer effektiven Integration in die bereits bestehenden städtischen Verkehrsangebote bedeuten. Vielmehr leistet die damit zusammenhängende Reduzierung und Effektivierung des Stadtverkehrs einen eigenen Beitrag zur Erreichung der Ziele des städtischen Klima- und Umweltschutzes bei gleichzeitiger Erhaltung und Förderung vielfältiger Mobilitätsmöglichkeiten der Stadtbewohner. Es wurden daher auch alle Prozesse von der Datenbehebung durch die Sensorik bis zu ihrer möglichen Nutzung durch verschiedene Nutzergruppen in die Analyse einbezogen.

4.4.2 Voraussetzungen des Projektes und projektbegleitende Arbeit des IKEM

4.4.2.1 Stand der Wissenschaft und Neuheitsgrad der Ansätze

1) Stand der Wissenschaft zur sozio-ökonomischen Analyse

Im Zusammenhang mit der Forschungsförderung für Elektromobilität im Rahmen des Konjunkturpakets II wurden Geschäftsmodelle in einigen Projekten berücksichtigt (zum Beispiel Harz.EE-mobility und MeRegioMobil). In der wissenschaftlichen Literatur sind jedoch nur wenige Arbeiten vorhanden, die Geschäfts- und Finanzierungsmodelle für (innerstädtische) öffentliche Ladeinfrastruktur unter Berücksichtigung der Kundenanforderungen der Nutzergruppe „Laternenparker“ systematisch untersuchen und eine quantitative Bewertung vornehmen. Das IKEM hat in einer Auftragsforschung für Siemens zum Thema „Geschäftsmodelle der Elektromobilität“ Vorarbeiten geleistet und erste Anwendungsfälle in verschiedenen Geschäftsfeldern analysiert sowie in anderen Projekten parallel zu City 2.e zu Geschäftsmodellen für Ladeinfrastruktur und den rechtlichen Voraussetzungen ihres Betriebs im öffentlichen und halböffentlichen Raum geforscht. Forschungsarbeiten, die wie vorliegend einen speziellen Fokus auf das Parkraummanagement hatten und die auch den Ladevorgang in diesen Kontext stellen, fehlten jedoch bisher. Wissenschaftliche Betrachtungen des Parkraummanagements als Schlüssel für den Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur in innerstädtischen Quartieren auf Basis empirischer Analysen existierten bis zum Projektstart nicht. In der Literatur sind einige Untersuchungen zur Machbarkeit und möglichen Effekten der Einführung eines Parkraummanagements vorhanden. Weiterhin befasst sich die wissenschaftliche Literatur zunehmend mit dem Thema des Smart Parking. Dabei stehen einerseits technische Realisierungsmöglichkeiten und andererseits die Untersuchung der verkehrsseitigen Effekte im Fokus. In der Praxis wurden zudem in den vergangenen Jahren zahlreiche Firmen gegründet, die Geschäftsmodelle im Bereich des Parkraummanagements entwickelt haben und diese umsetzen. Bislang fehlt es in der Literatur an einer systematischen Untersuchung dieser Geschäftsmodelle, ihrer Übertragbarkeit und ihrer möglichen Auswirkungen auf den Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur.

2) Stand der Wissenschaft zur rechtlichen Analyse

Im Rahmen der Vorstudie wurde die aktuell existierende rechtswissenschaftliche Literatur zu Fragen der Elektromobilität im Allgemeinen und Ladeinfrastruktur im Besonderen gesammelt und mit Blick auf die Entwicklung eines multimodalen und integrierten Elektromobilitätskonzeptes für Laternenparker ausgewertet. Mit Ausnahme des im Juni 2013 erschienenen „Berliner Handbuchs zur Elektromobilität“ spielen rechtliche Fragen der Elektromobilität bislang ausschließlich in der rechtswissenschaftlichen Aufsatzliteratur eine Rolle. Im Mittelpunkt der rechtswissenschaftlichen Diskussion stehen die

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	64/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

energiewirtschaftsrechtliche Einordnung von Ladestationen nach dem Energiewirtschaftsgesetz, die mess- und eichrechtliche Bewertung des Ladevorgangs sowie die beim Aufbau von Ladeinfrastruktur zu berücksichtigenden straßen- und straßenverkehrsrechtliche Vorgaben. Eine eingehende Auseinandersetzung mit diesen Themenkomplexen fand im Rahmen der Vorstudie unter Einbeziehung der hierzu veröffentlichten rechtswissenschaftlichen Literatur statt. Darüber hinaus wurden verschiedene Marktmodelle des Ladeinfrastrukturbetriebs und verschiedene Abrechnungsmodelle auf ihre rechtliche Umsetzbarkeit hin untersucht, wobei anders als in der Aufsatzliteratur der Schwerpunkt nicht auf den derzeit praktizierten Geschäftsmodellen lag, sondern vielmehr auch andere denkbare Modelle vergleichend betrachtet wurden.

Auch die im Zusammenhang mit dem Themenkomplex Parkraummanagement existierenden rechtswissenschaftlichen Publikationen – insbesondere zu Gebührenmodellen und Durchsetzung von Parkprivilegierungen – wurden in der Konzeptphase einer ersten Analyse unterzogen und in die Darstellung der rechtlichen Rahmenbedingungen einbezogen. Dabei war festzustellen, dass eine tiefergehende Auseinandersetzung mit den rechtlichen Vorgaben des Parkraummanagements im Zusammenhang mit der Elektrifizierung des Individualverkehrs und insbesondere dem Aufbau von Ladeinfrastruktur für Laternenparker aus rechtswissenschaftlicher Sicht bislang nicht stattgefunden hat. Eine juristische Begutachtung konkreter Geschäftsmodelle, die kombinierte Lade- und Parkdienstleistungen im Rahmen eines integrierten kommunalen Mobilitätskonzepts vorsehen, ist noch nicht erfolgt.

Aufbauend auf den Darstellungen bei Raabe et al. und der rechtswissenschaftlichen Diskussion zum Datenschutz im Smart Grid, wurde in der Konzeptphase schon ein Überblick über die geltenden datenschutz- und datensicherheitsrechtliche Vorgaben gegeben und eine Checkliste für die datenschutzrechtlich zulässige Ausgestaltung der im Rahmen des Verbundprojektes entwickelten Mobilitäts-Plattform erarbeitet. Auf dieser Grundlage entschieden sich die Projektpartner insbesondere für die Weiterverfolgung der Radartechnologie als Grundlage der Sensortechnik, da es sich hier um eine von vornherein sehr datensparsame Technologie handelt, mit der (im Gegensatz zum Einsatz von Kameras im öffentlichen Raum) grundsätzlich keine personenbezogenen Daten erfasst werden können. Da im Rahmen der Realisierungsphase zunächst die Diskussion um RFID-Anwendungen für die Erfassung von Parkberechtigungen im Mittelpunkt stand, wurde zu dieser Frage ein vorläufiges Datenschutzkonzept entwickelt.

4.4.2.2 Projektbegleitende Arbeit des IKEM

Eine wesentliche Aufgabe des IKEM bestand darin, die Geschäftsmodellentwicklung gemeinsam mit den anderen wirtschaftlich tätigen Projektpartnern voranzutreiben und projektbegleitende wissenschaftliche Rechtsberatung zu den Problemstellungen während des Projekts durch die Erstellung eines Gutachtens zu leisten. Dabei waren zum einen der Aufbau des Demonstrators für den Demonstrationsbetrieb der Parkraumsensorik im Laborgebiet Berlin und zum anderen der praktische Einsatz der Parkraumsensorik in den entwickelten Geschäftsmodellen Gegenstand des interdisziplinären Austausches. In Bezug auf das Laborgebiet und den Demonstrator waren zunächst die Installation der Parkraumsensorik und später einer Kamera zur Verifizierung der Ergebnisse der Radarerfassung Gegenstand der Beratung. Unter anderem fanden drei Treffen, mehrere Telefonate und eine rege E-Mail-Korrespondenz mit den Mitarbeitern des Berliner Beauftragten für Datenschutz und Informationsfreiheit statt, bei denen Datenschutzfragen der Installation von Radaranlagen, Kameras, dem Umgang mit RFID-Lesern und -Transpondern innerhalb von Test und Praxis im öffentlichen Straßenraum und der Einbeziehung weiterer Sensordaten (Parkscheinautomaten, Anschlussmeldung der Ladeeinrichtungen, etc.) erörtert wurden. Mit der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt fanden regelmäßige Treffen und ein intensiver wissenschaftlicher Austausch zu Fragen des Parkraummanagements unter Einsatz der Parkraumsensorik statt. Erörtert wurden in diesem Zusammenhang insbesondere Einsatzmöglichkeiten zur Fortentwicklung des Berliner Modells für den Aufbau von Ladeeinrichtungen und zur Unterstützung der Ordnungskräfte der Bezirksämter (Stichwort: Enforcement-App). Ein intensiver bilateraler Austausch fand darüber hinaus mit der VMZ zur Einbeziehung der erhobenen Daten in die MOLECULES-App und später in die BerlinMobil-App statt, sowie zu Möglichkeiten der Wertschöpfung bei einem Mobilitätsinformationsanbieter. Mit Mitarbeitern der Siemens AG fanden mehrere Treffen unter anderem zu ersten Konzepten für eine Enforcement-App und zu Fragen der Integration von RFID-Lesegeräten in die Parkraumsensorik statt. Ein interdisziplinärer Austausch fand darüber hinaus auf den vierteljährlichen Projekttreffen und zwei gemeinsamen Workshops statt. Ein Workshop der Projektpartner zum Parkraummanagement unter Einbeziehung der Sensorik fand mit allen

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	65/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Projektpartnern in den Räumlichkeiten der Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ) GmbH statt. Ein Workshop zur Information und zum Austausch mit anderen Abteilungen sowie betroffenen Verwaltungsträgern fand in den Räumlichkeiten der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt in Berlin statt. In allen Veranstaltungen hat das IKEM auch durch Präsentationen unterstützte Kurzvorträge zu rechtlichen, politischen und ökonomischen Aspekten des Projekts gehalten.

4.4.2.3 Erfolgte und geplante Veröffentlichung der Ergebnisse

Zum Abschluss des Projekts werden die Projektergebnisse des IKEM im Gutachten „City2.e 2.0 – Parkraummanagement und Parkraumbewirtschaftung durch intelligente Radarsensorik – Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung“ (ca. 350 Seiten) umfassend dargestellt. Das Gutachten wird zusammen mit dem Gesamtbericht über das Vorhaben als Anhang beim Projektträger eingereicht. Das IKEM möchte dieses Gutachten wenn möglich auf seiner Internetseite veröffentlichen und würde auch eine Veröffentlichung auf einer geeigneten Internetpräsenz des BMUB begrüßen.

Aus dem Projekt heraus sind bisher drei rechtswissenschaftlichen Aufsätze zu Themen entstanden, die im späteren Abschlussgutachten letztlich keine Rolle mehr gespielt haben, jedoch wichtige rechtswissenschaftliche Vorfragen insbesondere zu Sondernutzungen für Ladeinfrastruktur und zur Nutzung öffentlicher Parkplätze durch Private betreffen:

- Hartwig, Matthias; Sterniczuk, Tim: Probleme des Grundsatzes der Wettbewerbsneutralität des straßenrechtlichen Sondernutzungsrechts – Dargestellt am Beispiel des Aufbaus von Schnellladeinfrastruktur an Autobahnen, NVwZ 19/2016, S. 1375 ff.
- Hartwig, Matthias: Parkplatzversteigerung via App: der Verkauf öffentlichen Parkraums durch Private, IR 4/2016, S. 74 ff.
- Rodi, Michael; Hartwig, Matthias: Die Privilegierungsfeindlichkeit des Straßenverkehrsrechts, der Gemeingebrauch, das Elektromobilitätsgesetz und die Pläne für ein Carsharing-Gesetz (in Veröffentlichung)

Im Zusammenhang mit dem Projekt setzten sich die Projektmitarbeiter auch intensiv mit Ladeinfrastruktur im privaten Raum auseinander, woraus der folgende Aufsatz entstand:

- Hartwig, Matthias; Rodi, Michael: *Elektromobilität in der Tiefgarage*, ZUR 11/2014, S. 592 ff.

In diesem Artikel brachten die Autoren unter anderem erstmalig den Vorschlag in die öffentliche und fachliche Diskussion, Mietern von Stellplätzen für Elektrofahrzeuge einen Rechtsanspruch zu verschaffen, damit diese sich eine Lademöglichkeit einrichten können. Die Autoren konstatierten „inhaltlich läge eine Orientierung an § 554a BGB nahe [...]“. Gleichzeitig wurde dort mit demselben Ziel für Wohnungseigentümer eine Anpassung des § 22 WEG vorgeschlagen. Beide Vorschläge sind nunmehr im „Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Wohnungseigentumsgesetzes und des Bürgerlichen Gesetzbuchs zur Förderung der Barrierefreiheit und Elektromobilität“ (BR Drs. 340/16) aufgegriffen worden. Ein neuer § 554b BGB erklärt „§ 554a gilt entsprechend für bauliche Veränderungen [...] für die Installation einer Ladeeinrichtung [...]“.

Vornehmlich von wissenschaftlichen Erkenntnissen aus dem Projekt geprägt ist darüber hinaus die öffentliche Stellungnahme des IKEM zum Carsharing-Gesetz: http://www.ikem.info/wp-content/uploads/2016/09/IKEM_Stellungnahme-Carsharinggesetz.pdf

Weitere Aspekte aus dem Abschlussgutachten sollen in zukünftig folgenden rechtswissenschaftlichen Artikeln aufgegriffen werden. Ob es zu politikwissenschaftlichen Veröffentlichungen aus dem Projekt heraus kommt, ist nach dem Ausscheiden des zuständigen Bearbeiters aus dem IKEM nicht absehbar, aufgrund der weiterhin engen Kooperation jedoch nicht ausgeschlossen.

4.4.2.4 Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen des Förderprogramms

Einen besonderen Beitrag zu den förderpolitischen Zielen des Förderprogramms „Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich Elektromobilität“ hat das Forschungsprojekt City2.e insbesondere zur Entwicklung von Tarif- und Geschäftsmodellen der Elektromobilität unter Einbeziehung von ökologischen Aspekten und der Markteinführung der Elektromobilität und Etablierung der Ladeinfrastruktur mit tragenden Geschäftsmodellen geleistet. Wie beschrieben ist letztlich das Parken und die Vermeidung von Über- und Fehlbelegung der entscheidende Engpass für jedes zukünftige Geschäftsmodell von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur, dem mit der Entwicklung der Parkraumsensorik und der zugehörigen Begleitforschung begegnet werden sollte.

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	66/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Darüber hinaus hat sich das BMUB jedoch entschieden, ein Projekt zu fördern, in dem die Vorzüge einer Digitalisierung des Parkraummanagements auf einer breiteren Basis als ausschließlich in ihrem Bezug zur Elektromobilität erforscht werden. Insbesondere die von der Sensorik und der Umsetzung der erhobenen Informationen in verschiedene Softwareanwendungen zu erwartende Reduktion des Parksuchverkehrs kann einen erheblichen Beitrag zu den Umwelt- und Klimaschutzziele leisten, die letztlich auch als Oberziel hinter der politischen Agenda für die Elektromobilität stehen. Daher hat das IKEM seine Begleitforschung entsprechend diesen Vorgaben an einer Optimierung des Parkraummanagements durch Verkehrstelematik allgemeiner ausgerichtet und hierzu mit der vorliegenden Arbeit einen Beitrag geleistet.

4.4.3 Rechts- und politikwissenschaftliche Ergebnisse der einzelnen Module

Die folgenden Ausführungen zu den einzelnen vom IKEM bearbeiteten Modulen sind als Zusammenfassung der Projektergebnisse zu verstehen, die das IKEM mit dem Gutachten „City2.e 2.0 – Parkraummanagement und Parkraumbewirtschaftung durch intelligente Radarsensorik – Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung“ (ca. 350 Seiten) vorlegt.

4.4.3.1 Modul 1: Grundlagen des Verkehrssystems

Für die erfolgreiche Einführung und Integration einer neuen Verkehrsinfrastrukturkomponente in bestehende Systeme unter Beachtung von Akteursstrukturen und Interessenlagen war es notwendig, zunächst den Status Quo des Verkehrssystems im öffentlichen und halböffentlichen Raum zu untersuchen. Diese wurden vom IKEM in Modul 1 des Abschlussgutachtens: „Grundlagen des Verkehrssystems“ dargestellt. Konzeptioneller Ausgangspunkt ist die Betrachtung des innerstädtischen Verkehrs als sozio-technisches System. Der Begriff des sozio-technischen Systems bezeichnet ein Netzwerk heterogener (technischer, institutioneller, gesellschaftlicher) Elemente, die zur Erfüllung einer gesellschaftlichen Funktion (z. B. Energieversorgung, Transportwesen) miteinander verbunden sind. Diese Elemente können in die Kategorien Produktion (Verkehrsangebot), Nutzung (Verkehrsnachfrage) und Verteilung (Verkehrsinfrastruktur) unterteilt werden und wurden anhand dieser Einteilung beschrieben. Zu den Elementen für die Produktion der Systemfunktionen zählen beispielsweise eingesetzte Technologien, natürliche Ressourcen, Kapital sowie technisches Wissen. Zur Ebene der Nutzung gehören Ressourcen und Technologien, die Betrieb, Wartung und Nutzung des Systems ermöglichen. Die Verteilung der Systemfunktionen erfolgt über Netzwerke, Infrastrukturen und Märkte.¹⁶

Ein Parkraummanagementsystem, wie es beispielsweise in Form des City2.e-Systems entsteht, fügt sich in das bestehende städtische Verkehrssystem ein. Zunächst lässt sich feststellen, dass städtischer Verkehr in der Vergangenheit einen bedeutsamen stadtentwicklungspolitischen Stellenwert eingenommen hat. Die starke Fokussierung auf die quantitative Erweiterung von Verkehrsleistung und Verkehrsinfrastrukturen und die damit verbundenen Negativeffekte wie beispielsweise vermehrte Zersiedelung und steigende Umweltbelastungen, führten jedoch schrittweise zu einer Neuausrichtung städtischer Verkehrspolitik. Diese rückt nunmehr stärker die Effizienz der Verkehrssysteme in den Mittelpunkt, wie nicht zuletzt die Abkehr vom Neu- und Ausbau von Straßen verdeutlicht, und bildet demnach eine insgesamt günstige Ausgangssituation für den Einsatz neuartiger Verkehrsdienstleistungen, welche weitere Effizienzpotenziale schaffen.

Unter Mobilitätsoptionen werden alle Angebote verstanden, die der Befriedigung der Mobilitätsnachfrage dienen. Dies umfasst sowohl Angebote im Bereich des öffentlichen Verkehrs als auch des Individualverkehrs. Städtische Verkehrsnachfrage ist Teil des verkehrlichen Systems. Diese lässt sich in die Bereiche (kollektiver) motorisierter Individualverkehr (MIV), öffentlicher Verkehr (ÖV) sowie (kollektiver) nicht-motorisierter Individualverkehr (nMIV) aufteilen. Die Bereiche unterscheiden sich hinsichtlich der Abhängigkeit von Straßen- und insbesondere Parkraum, die insbesondere beim MIV groß ist, angesichts von wachsender Multi- und Intermodalität jedoch künftig in unterschiedlichem Maße nahezu alle Verkehrsteilnehmer betreffen könnte.

Verkehrsinfrastruktur hingegen lässt sich allgemein in öffentliche, halb-öffentliche und private Infrastruktur unterteilen. Dies gilt nicht zuletzt für die städtische Parkrauminfrastruktur. Der öffentliche Parkraum umfasst Parkstände am Straßenrand und als Teil der Straße gewidmete Parkierungsflächen. Parkplätze, die durch private Akteure vorgehalten werden, sind je nach Bestimmbarkeit des Nutzerkreises sowie der Notwendigkeit und Möglichkeit der Ausschließbarkeit bestimmter Nutzer entweder der halb-öffentlichen oder der privaten Verkehrsinfrastruktur zuzuordnen.

¹⁶ Geels (2004), S. 900.

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	67/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Während beispielsweise Parkhäuser an Einkaufszentren oder Flughäfen Teil des halböffentlichen Bereichs sind, sind Stellplätze bei Arbeitgebern klassischerweise privater Natur. Auch durch die öffentliche Hand betriebene Parkierungsflächen, die nicht als Straße gewidmet sind, und Parkhäuser gehören zum halböffentlichen Parkraum, wenngleich hier weitere öffentliche Bindungen bestehen können. Weiterhin lässt sich Verkehrsinfrastruktur und insbesondere Parkrauminfrastruktur nach verkehrlichem Wert differenzieren. Insbesondere Parkplätze, die über das ganze Jahr hinweg und durch verschiedene Nutzergruppen in Anspruch genommen werden – also beispielsweise solche in heterogen strukturierten Innenstädten – weisen einen hohen Wert auf und eignen sich deshalb besonders für die Erweiterung um ein Parkraummanagementsystem.

4.4.3.2 Modul 2: Zielgruppenanalyse

Um mögliche Nutzer der von verkehrstelematischen Systemen erzeugten Informationen zu identifizieren, hat das IKEM in Modul 2 eine Zielgruppenanalyse auf verschiedenen Nutzungsebenen vorgenommen. Die zentrale Zielgruppe von Parkraummanagementsystemen besteht – konzeptionell bedingt – auf der letzten Ebene aus Autofahrern in Innenstädten. Auf die Nutzer in verschiedenen möglichen Wertschöpfungsstufen (Content Provider, Service Operator, Service Provider und Endnutzer) wird in Modul 4 eingegangen. In Modul 2 wurde weiter nach verschiedenen Nutzersegmenten des Privatverkehrs und des Wirtschaftsverkehrs differenziert.

Datenanalysen verdeutlichen, dass der Pkw-Bestand deutschlandweit, aber auch in geringerem Maße im Berliner Untersuchungsgebiet, stetig wächst und zunächst keine Sättigung zu erwarten ist, sodass eine steigende Anzahl von Pkw geparkt werden muss. Auch der Pkw-Bestand pro Einwohner wuchs bis 2014 in Berlin auf einem vergleichsweise geringen absoluten Niveau. Die Anzahl der Privat-Pkw pro Haushalt ist ebenfalls vergleichsweise gering.

Der sinkende Anteil der Pkw-Verkehre an den Berliner Wegeanteilen bei gleichzeitiger Steigerung von Fahrrad- und ÖV-Nutzung verdeutlicht einen Wandel in der Verkehrsmittelwahl. Diese weniger bedeutsame Rolle des Pkw lässt sich nicht nur in Berlin nachvollziehen, sondern folgt einem bundesweiten Trend in Städten. Die Anzahl der Pkw-Fahrten pro Tag und Autonutzer liegt in Berlin vergleichsweise im Durchschnitt. Nicht-Besitz und Nicht-Nutzung von Pkw sind von unterschiedlichen, vor allem lebensstilbezogenen Faktoren und dem fortlaufenden Einfluss gesellschaftlicher Megatrends abhängig. So wird es auch möglich, nunmehr unterschiedliche Mobilitätsgruppen zu identifizieren. Insgesamt lässt sich dabei ein Wandel in der Planung und Durchführung von Mobilität durch die Verkehrsteilnehmer konstatieren, die zunehmend inter- und multimodal geprägt ist.

Die Nutzung des öffentlichen Parkraums ist fast jedem Autofahrer bekannt. Die Untersuchung zeigt zudem trotz vielfach genannter Vorteile öffentlicher Parkplätze, insbesondere bei Aspekten wie Lage und Kosten, die weite Verbreitung negativer Erfahrungen bei ihrer Nutzung, vor allem in Bezug auf mangelnde bzw. unauffindbare (kostenlose) Parkplätze, die das Potenzial von Parkraummanagementsystemen wie dem City2.e-System unterstreichen. Begründet liegt das Potenzial zudem darin, dass die Notwendigkeit zur Parkplatzsuche bei steigender Größe von Städten ebenfalls zunimmt, sodass die Bewertung der Parkplatzsituation in ausgewählten Städten Deutschlands stark negativ ausfällt.

Als Nutzersegmente des Privatverkehrs in Bezug auf ein Parkraummanagementsystem lassen sich grundsätzlich Ein- und Anwohner, Beschäftigte, Schüler/Auszubildende/Studenten, Kunden sowie Besucher/Gäste identifizieren. Für die Ein- und Anwohner zeigt sich insbesondere, dass in Berlin im Vergleich zu anderen ausgewählten Städten die Nutzung des öffentlichen Straßenraums die Nutzung von Garagen, Carports oder anderen privaten Stellplätzen übersteigt, sodass erneut ein großes Anwendungspotenzial des Systems deutlich wird. Relevante Nutzersegmente des Wirtschaftsverkehrs sind Verkehrsteilnehmer aus den Bereichen der Dienstleistungsverkehre, Geschäfts- und Dienstverkehre sowie Lieferverkehre.

4.4.3.3 Modul 3: Charakterisierung des Parkrauminformationsgutes

In Modul 3 werden Parkrauminformationen als Informationsgut charakterisiert und in den vorhandenen Bestand an Verkehrsinformationen eingeordnet. Echtzeitinformationen zum Parkraum sind nicht nur die zentralen Informationen, die im City2.e-System zur Weiternutzung durch Verkehrsteilnehmer, dritte Anbieter oder Städte genutzt werden, sondern auch Kern jedes Geschäftsmodells.

Parkrauminformationen, wie sie nicht zuletzt durch das City2.e-System neu entstehen, lassen sich in verschiedener Hinsicht systematisieren. Sie können sowohl statischer als auch dynamischer Natur sein. Während Informationen zur Lage von Parkplätzen und Regeln zu ihrer Nutzung statisch sind, ist

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	68/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

die zentrale Information des City2.e-Systems, die Parkplatzverfügbarkeit, eine überaus dynamische Information. Damit fügt sich das Informationsgut in die Entwicklung einer zunehmenden Dynamisierung von Verkehrsinformationen ein.

Weiterhin lässt sich die Nutzung von Parkrauminformationen auf einem zeitlichen Kontinuum verorten. Während vor oder zu Beginn einer Reise dynamische Parkrauminformationen eine bedeutsame Rolle bei grundlegenden Entscheidungen über Verkehrsmittelwahl und Zielort spielen, können Parkrauminformationen mit zunehmender Nähe zum Zielort den Parksuchverkehr verkürzen. Parkrauminformationen sind zudem (digitale) Informationsgüter und demnach losgelöst von einem spezifischen Trägermedium, was nicht zuletzt die Individualisierbarkeit des Informationsgutes positiv beeinflusst.

Die Prüfung von Rivalität verdeutlicht, dass die Verfügbarkeit der Information darüber, dass ein freier Parkplatz zur Verfügung steht, zunächst nicht dadurch beeinträchtigt wird, dass mehrere Personen diese Information erhalten. Durch die Knappheit physischer Parkplätze und die Unmöglichkeit der Mehrfachbelegung eines Parkplatzes unterliegen jedoch auch die davon abgeleiteten Informationen einer faktischen Rivalität. Die Ausschließbarkeit von Nutzergruppen von den Parkrauminformationen ist nicht vollständig gegeben, da die Information über den Belegungsstand eines spezifischen Parkplatzes grundsätzlich im Straßenraum wahrnehmbar ist, sodass sich die Ausschließbarkeit nur auf die Veredelung bzw. den Mehrwert des City2.e-Systems, beispielsweise in Form aggregierter Informationen oder Prognosefunktionen, beschränkt.

Nicht zuletzt sind Informationsgüter im Regelfall von einer ausgeprägten Differenz zwischen Fixkosten und variablen Kosten und einer daraus resultierenden Fixkostendominanz gekennzeichnet und bestimmen somit die Kostenstruktur der Parkrauminformation – auch im Falle des City2.e-Systems.

4.4.3.4 Modul 4: Geschäftsmodelle unter Einsatz von Parkrauminformationen

- 1) Abschnitte 4.1 („Bestehende Geschäftsmodelle), 4.2 („Neuartige Geschäftsmodelle“) und 4.3 („Wertschöpfungsstufen“)

Durch den Einsatz von Parkrauminformationen ist die Bildung einer Vielzahl unterschiedlicher Geschäftsmodelle denkbar. Verschiedene Dienste zur Parkplatzsuche haben sich bereits etabliert, nutzen dabei aber andere Vorgehensweisen als das im City2.e-System erprobte Echtzeit-Radarsystem. Zunächst sind Makler-Dienste zu nennen, über die Parkplatzbesitzer ihre halb-öffentlichen und privaten Stellplätze anderen Verkehrsteilnehmern gegen Gebühr zur Nutzung überlassen können. Vorhersagesysteme für freie Parkplätze im öffentlichen Raum helfen wiederum dabei, mittels Auswertung verschiedener Datenbestände, teils aus Crowdsourcing-Quellen, die Verfügbarkeit von Parkplätzen zu verbessern. Sie besitzen damit Ähnlichkeiten zu geplanten Funktionen des City2.e-Systems, basieren jedoch auf anderen Technologien. Weitere Anbieter sind ebenfalls als Makler zu verstehen, indem sie Autofahrern, die einen öffentlichen Parkplatz belegen, ermöglichen, diese Information und die Möglichkeit der Stellplatz-Nachnutzung meistbietend an einen interessierten Folgenutzer zu versteigern.

Neue Geschäftsmodelle unter Zuhilfenahme von Parkrauminformationen können auf drei verschiedenen Grundvarianten aufbauen, die sich in der Art und der Anzahl der zwischengeschalteten Kooperationen und Kooperationspartner unterscheiden. So sind Geschäftsmodelle in den Bereichen Business-to-Consumer (B2C), Business-to-Business (B2B) und Business-to-Administration (B2A) denkbar. Basis für jedes Geschäftsmodell bilden ebenso die verschiedenen Wertschöpfungsstufen. Die Erhebung von Verkehrsinformationen erfolgt dabei durch einen Content Provider. Die Aufbereitung der erhobenen Rohdaten für weitere Nutzungszwecke obliegt wiederum einem Service Operator. Ein Service Provider veredelt die Daten durch Integration in andere Dienste und Angebote und bietet sie den Endkunden an. Eine weitere analytische Wertschöpfungsstufe ist die Nutzung durch die Endkunden.

- 2) Abschnitt 4.4 („Business-to-Consumer“)

Geschäftsmodelle im Bereich Business-to-Consumer zeichnen sich durch eine direkte und exklusive Nutzeradressierung mittels entsprechend gestalteter Angebote von Parkrauminformationen aus. Angenommen wird dabei, dass der Betrieb der Parkraumsensorik, der Betrieb der IT-Plattform und die Rolle des Service Providers im Sinne einer Zugänglichmachung der Parkrauminformationen an die Endverbraucher durch ein einziges Unternehmen erfolgen. Das Informationsangebot kann somit nur über dieses Angebot abgerufen werden. Dritte Mobilitätsinformationsanbieter können nicht auf die parkraumbezogenen Daten zugreifen. Den Modellen liegt der strategische Ansatz des „Integrator“-Modells zugrunde, indem der Anbieter alle unternehmerischen Funktionen und Wertschöpfungsstufen

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	69/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

selbst erbringt und das Leistungsangebot stark fokussiert. Diese Lösung erlaubt eine größtmögliche Kontrolle über die Leistungserbringung, verhindert jedoch die Erschließung einer maximalen Anzahl von Kunden, da Kooperationen mit Drittanbietern nicht vorgesehen sind. Ein Beispiel für Geschäftsmodelle dieses Bereichs wäre das Angebot einer eigenständigen Smartphone-App zum Auffinden von Parkplätzen. Erlösmodelle könnten auf nutzungsabhängigen und nutzungsunabhängigen Varianten basieren, wobei Flatrate-Modelle als besonders vorteilhaft gelten. Insgesamt muss jedoch davon ausgegangen werden, dass die abschöpfbare Zahlungsbereitschaft für Parkrauminformationen wie auch in Bezug auf viele weitere Verkehrsinformationen als eher gering einzustufen ist.

3) Abschnitt 4.5 („Business-to-Business“)

Business-to-Business als Grundlage für Geschäftsmodelle legt die Einbettung von Parkrauminformationen in vorhandene Mobilitätsoptionssysteme und Verkehrsinformationsdienste als Ausgangspunkt zugrunde. Anstatt ein eigenständiges Informationssystem zu schaffen, in dem die Wertschöpfungsstufen vereint sind, werden hier Teile der Wertschöpfungskette ausgelagert – vor allem die Stufe des Service Providers, sodass Anbieter von Mobilitätsoptionen oder Mobilitätsinformationen die Parkrauminformationen nutzen können, um sie in eigene Dienste einzubinden. Mit diesem Ansatz kann auf die zunehmende Vernetzung von Mobilität und Verkehrsinformationen reagiert werden, die sich auch im Bereich der Parkraumpolitik äußert – Parkplätze werden vor dem Hintergrund intermodaler Wege verstärkt als „Mobilitäts-Hubs“ verstanden. Das Erlösmodell profitiert in diesen Geschäftsmodellvarianten von den Vorteilen der Produktbündelung. Angenommen wird dabei, eine geringe Zahlungsbereitschaft für ein Teilgut durch Kombination mit einem weiteren, komplementären Teilgut auszugleichen, für das wiederum eine höhere Zahlungsbereitschaft existiert. Zudem kann der absolute Absatz des Guts durch Kooperationen erhöht werden. Organisatorisch fokussiert der Betreiber des City2.e-Systems nunmehr auf die Rollen des Content Providers und des Service Operators, sodass er die Funktion eines „Layer Players“ erfüllt. Während sich eine solche Spezialisierung grundsätzlich als vorteilhaft erweisen kann, entstehen andererseits Abhängigkeiten von nachgelagerten Märkten und der tatsächlichen Schaffung externer Angebote. Auch Schnittstellenprobleme und andere Transaktionskosten können entstehen.

Konkrete Anwendungsfälle für Business-to-Business-Modelle ergeben sich beispielsweise im Bereich des Ladens von Elektrofahrzeugen, da hier bereits eine Produktbündelung stattfindet. Das Problem, nicht nur auf einen Parkplatz sondern ebenfalls auf eine Ladesäule angewiesen zu sein, verschärft den ohnehin vorhandenen Suchverkehr für diese Nutzergruppe weiter. Der Bedarf an Informationen über die kombinierte Verfügbarkeit beider Elemente ist nicht nur bei einem steigendem Anteil der Elektromobilität und etwaiger Aufhebung von Sonderparkrechten zu erwarten, sondern aufgrund teilweise blockierter Ladesäulen oder der inkorrekten Anzeige von Belegungsständen bereits heute. Auch Carsharing-Anbietern kann ein Interesse an der Integration von Echtzeit-Parkrauminformationen unterstellt werden, da insbesondere bei sogenannten „Free floating“-Modellen ein wesentliches Nutzenversprechen darin liegt, nach der Fahrt keinen festgelegten Parkplatz aufsuchen zu müssen, sondern den Wagen jederzeit auf öffentlichen Parkierungsflächen abstellen zu können. Dieses zentrale Nutzenversprechen kann durch Informationen über freie Parkplätze erheblich gesteigert werden. Produktbündelungen bieten sich ebenfalls durch Kombination der Parkrauminformation mit Dienstleistungen aus dem Bereich des Handyparkens an, da aufgrund einer höheren Anzahl von Parkvorgängen auch eine Erhöhung des Umsatzes erfolgen kann, sodass die Bündelung im Interesse entsprechender Anbieter liegen sollte. Als letztes Beispiel eignen sich in Fahrzeugen verbaute Fahrerinformationssysteme zur Bündelung. Hersteller werten bereits heute mit einer Vielzahl von Informationen, die durch externe Anbieter bereitgestellt werden, ihre Plattformen auf und reagieren damit auch auf entsprechendes Interesse bei den Kunden.

Aus rechtlicher Sicht kann sich ein Zwang ergeben, Daten, die durch straßennahe verkehrstelematische Sensorsysteme wie die Parkraumsensorik erhoben werden, an vorhandene Mobilitätsoptionssysteme und Verkehrsinformationsdienste zumindest zu selben Bedingungen weiterzugeben, wie sie einem integrierten Service Provider gegeben werden. Die ist immer dann der Fall, wenn auch die öffentliche Hand an der Datenerhebung beteiligt ist, was durch die organisatorische Nähe zum Verkehrsinformationsgut häufig der Fall ist. Dadurch bekommt die Ausgestaltung der Business-to-Business Geschäftsmodelle eine besondere Bedeutung, da von dem hier bestehenden Gleichbehandlungsgrundsatz auch andere Geschäftsmodelle zur Informationsverwertung sowohl eines integrierten Service Providers als auch konkurrierender Mobilitätsinformationsanbieter geprägt werden. Nutzt der integrierte Service Provider die Parkrauminformationen beispielsweise kostenfrei können dies auch andere

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	70/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Mobilitätsinformationsanbieter für sich nutzen. In einer durch –für die Nutzer kostenlose und werbefinanzierte– Informationsangebote geprägten Geschäftswelt der App- und Internetangebote kann dieser rechtliche Engpass die Tendenz verstärken, dass für Parkrauminformationen und vergleichbare Verkehrsinformationen voraussichtlich nur eine geringe Zahlungsbereitschaft erzeugt werden kann.

4) Abschnitt 4.6 („Business-to-Administration“)

Eine letzte Variante möglicher Geschäftsmodelle betrifft solche im Bereich Business-to-Administration. Geschäftsmodelle in diesem Bereich basieren auf der Anerkennung der Genese und Fortentwicklung urbaner Parkraumpolitiken durch die öffentliche Hand, die sich im Wesentlichen entlang dreier Entwicklungsstufen skizzieren lässt. Die Ausgangssituation war gekennzeichnet durch einen nachfrageorientierten Ausbau, der teilweise sogar durch Vorgaben für die Mindestzahl zu schaffender Parkplätze bei Neubauten unterstützt wurde. Die erste Phase, in der alternative Möglichkeiten zum quantitativen Ausbau erprobt wurden, umfasst Maßnahmen von zeitlich und räumlich differenzierter Parkraumregulierung, z. B. durch Ausweisung spezifischer und unterschiedlich zu nutzender Parkplätze sowie durch Festlegung von Höchstparkdauern. In einer zweiten Phase wurden diese Maßnahmen durch finanzielle Elemente ergänzt, vor allem Parkgebühren und Strafgebühren für illegales Parken. Die dritte Phase, die seit den frühen 2000er Jahren bis heute andauert, steht im Zeichen eines angebotsorientierten Parkraummanagements, das neben dem Abbau von Kapazitäten vor allem eine effizientere Nutzung des vorhandenen Parkraums forciert, aber auch die weitere Differenzierung vorhandener Maßnahmen fortschreibt.

Die Gründe für das Engagement der öffentlichen Hand im Bereich des Parkraummanagements sind vielfältig. Zunächst kann argumentiert werden, dass Parkrauminformationen aufgrund der öffentlichen Datengrundlage ebenso Teil der öffentlichen Domäne sein sollten. Weiterhin kann vor allem die Vermeidung verkehrlicher Fehlanreize als Grund zur Regulierung genannt werden, die ansonsten durch ein undifferenziertes und rein privatwirtschaftlich gesteuertes Parkraummanagementsystem entstehen könnten. Beispielsweise kann angenommen werden, dass durch eine bequemere Parkplatzsuche die Attraktivität des MIV erneut steigt, sodass Verkehrsleistungen in diesem Bereich trotz anderer politischer Vorstellungen wachsen. Vor diesem Hintergrund erscheinen Regulierung und Differenzierung sinnvoll. Als Betreiberin öffentlicher Verkehrsangebote könnte die öffentliche Hand weiterhin bestrebt sein, durch ein Parkraummanagementsystem die Nutzung entsprechender Angebote anzureizen und die Inter- und Multimodalität im eigenen Interesse zu fördern. Weiterhin eignen sich die Daten zur Einbindung in lokale, oft im öffentlichen Auftrag betriebenen Verkehrsmanagementzentralen und weiterer Plattformen, wie sie in Berlin beispielsweise in Form der VIZ und auf überregionaler Ebene durch den sogenannten „Mobilitäts Daten Marktplatz“ existieren.

Aktuelle Trends der Parkraumregulierung verdeutlichen die Anknüpfungspunkte des City2.e-Systems weiter. Eine Mehrheit deutscher Städte bearbeitet das Thema Parkraumpolitik bereits auf eine aktive und systematische Weise – beispielsweise durch Integration der Parkraumpolitiken in Verkehrsentwicklungspläne oder die Durchführung weitreichender Parkraumbewirtschaftung –, um nicht zuletzt die unterschiedlichen und vielerorts genannten Probleme durch parkende Pkw zu beheben. Diese günstigen Rahmenbedingungen für ein innovatives Parkraummanagementsystem zeigen sich nicht zuletzt in Berlin durch die Ziele, Leitbilder und Maßnahmen des Stadtentwicklungsplans Verkehr, mit dem unter anderem eine Reduktion des MIV-Anteils und verstärkt inter- und multimodale Verkehre angereizt werden sollen. Auch die Erprobung anders nuancierter Parkraummanagementsysteme mit Echtzeitdaten, wie sie beispielsweise in Deutschland, Großbritannien und den USA zu finden sind, deuten auf einen Bedarf nach Lösungen für die öffentliche Hand hin.

Der besondere Vorzug der Orientierung der Erzeugung von Verkehrsinformationen auf Business-to-Administration-Ansätze liegt insbesondere in einer gänzlich veränderten Nutzenbewertung. Für Business-to-Customer und Business-to-Business Ansätze muss sich eine erzeugte Verkehrsinformation letztlich am Markt zu einem Preis etablieren, der die Informationserzeugungskosten (auch die Kosten der Parkraumsensorik) amortisiert oder den Vertriebs- oder Werbewert eines anderen Produkts in diesem Maße steigert. Für Business-to-Administration Ansätze stellen sich die Nutzen- und die Finanzierungsfragen anders. Entweder der Wert der Information für die Allgemeinheit wird so hoch eingeschätzt, dass ihre Erzeugung und Weitergabe durch eine Finanzierung aus öffentlichen Mitteln (grundsätzlich Steuern) für sinnvoll erachtet wird. Für die hier in Rede stehenden Parkrauminformationen kann dieser Wert politisch bzw. rechtlich insbesondere mit Gründen des Lärm-, Umwelt- und Klimaschutzes durch die Reduktion des Parksuchverkehrs begründet werden. Daneben ist eine Finanzierung zumindest von

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	71/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Parkraumsensorik an Ladeeinrichtungen aus öffentlichen Mitteln mit denselben Argumenten vertretbar, wie die Förderung der Elektromobilität im Übrigen (insbesondere Umwelt-, Klimaschutz und Ressourcenunabhängigkeit). Zur Finanzierung durch die öffentliche Hand kann jedoch auch über Einsparungsmöglichkeiten und mögliche Effizienzgewinne beim Parkraummanagement augmentiert werden. In allen Fällen steht hier eine politische bzw. administrative Entscheidung im Vordergrund und erst in zweiter Linie stellt sich die Frage der Beschaffungskosten. Diese können jedoch über eine Sekundärverwertung der zunächst für den Verwaltungsgebrauch erhobenen Daten (z. B. über Business-to-Business -Geschäftsmodelle) reduziert werden.

4.4.3.5 Modul 5: Parkraumbewirtschaftung und Parkraumsensorik

Die im Rahmen des Projekts City2.e entwickelte Parkraumsensorik besteht im Wesentlichen aus einem Radarsensor, einem RFID-Lesegerät und einer IT-Plattform, wobei der Radarsensor den Standort von Fahrzeugen erfasst, das RFID-Lesegerät der Erfassung von Parkausweisen und ähnlichen Berechtigungsnachweisen und die IT-Plattform der Datenverarbeitung dient. Das technische Gegenstück zum RFID-Lesegerät stellt ein (aktiver oder passiver) RFID-Transponder dar, der mit einem Fahrzeug oder einem Parkausweis verbunden wird und dessen Auslesung das RFID-Lesegerät dient. Die RFID-Transponder verfügen über einen flexiblen Datenspeicherbereich, auf jedem RFID-Transponder ist dauerhaft ein elektronischer Produktcode im Sinne einer eindeutigen Seriennummer gespeichert. Die weiteren Datenspeicherungsmöglichkeiten sind vielfältig und reichen von Fahrzeugkennzeichen über Daten von Parkausweisen bis hin zu Daten des Fahrzeughalters.

Im Rahmen des Projekts wurde mit den RFID-Lesegeräten praktisch experimentiert, eine Integration in das Demonstratorsystem fand jedoch nicht statt. Vielmehr wurden auf theoretischer Ebene eruiert, welche Daten durch die RFID-Lesegeräte erfasst werden können und sollen und in welcher Weise die erfassten Daten verarbeitet werden sollen. Hierzu wurden im City2.e-System verschiedene Szenarien für den Einsatz der Parkraumsensorik zur Parkraumbewirtschaftung untersucht. Im Grundsystem, das mit dem Demonstratorsystem und der molecules-App umgesetzt wurde, werden keine RFID-Lesegeräte und –Transponder eingesetzt. Bei den darauf aufbauenden Systemvarianten finden diese indes Anwendung und die Systemvarianten unterscheiden sich vornehmlich in der Art des Produktcodes auf den RFID-Transpondern und des Umfangs der Daten, die gespeichert werden. Details zum Grundsystem und den Systemvarianten können dem Abschlussgutachten (Modul 5) entnommen werden.

Aufgrund des datenschutzrechtlichen Gebots der Datensparsamkeit und aus Akzeptanzgründen sollte eine Systemvariante gewählt werden, bei der auf dem RFID-Transponder nur Daten gespeichert werden, die zur elektronischen Überprüfung einer Parkberechtigung unentbehrlich sind. Personenbezogene Daten, die einen Missbrauch des Ausweises verhindern sollen, sollten nur schriftlich auf dem Parkausweis eingetragen werden. Systemausgestaltungen, wie bspw. vollautomatische Parkzeitabrechnung und automatische Ahndung von Verkehrsordnungswidrigkeiten sind zwar technisch umsetzbar, wären allerdings mit erheblichen Eingriffen in die informationelle Selbstbestimmung verbunden und nur schwer mit dem Datenschutzrecht vereinbar. Zumindest bedürften sie einer derzeit nicht bestehenden Ermächtigungsgrundlage für die Datenerhebung und -verarbeitung.

Aufgrund datenschutzrechtlicher Vorgaben können sich die Ordnungskräfte also nicht in jeder Hinsicht allein auf das hier entwickelte Modell der elektronischen Parkraumüberwachung verlassen, sondern es bedarf zusätzlicher visueller Überprüfung. Auch sehr datensparsame Systemvarianten enthalten letztlich schon dadurch immer personenbezogene Daten, dass jeder RFID-Transponder einen Produktcode enthält, der über die feste Verbindung mit der Parkberechtigung in aller Regel auch Personenbezug erhält. So stellt beispielsweise ein Bewohnerparkausweis über das dort schriftlich eingetragenen Fahrzeugkennzeichen in Zusammenschau mit dem Fahrzeugregister immer einen Bezug zum Halter her, so dass auch ein mit diesem fest verbundener RFID-Transponder bzw. dessen Produktcode einen Personenbezug erhält. Durch minimale Einbeziehung des Produktcodes kann zwar letztlich eine sehr datensparsame Systemvariante der digitalen Erfassung des Bewohnerparkens zur Verfügung gestellt werden, auch diese bedarf jedoch voraussichtlich entweder der Einwilligung der Parkausweisinhaber oder (für eine flächendeckende Einführung) einer geeigneten gesetzlichen Ermächtigungsgrundlage, die für die Verwendung des Systems erst noch zu schaffen wäre. Auch die Rechtfertigung einer solchen gesetzlichen Grundlage für die Digitalisierung des Parkraummanagements erleichtern möglichst datensparsame Systemvarianten jedoch und erhöhen deren Akzeptanz. Eine zu schaffende gesetzliche Grundlage müsste nämlich gemessen am Allgemeinen Persönlichkeitsrecht in Form des Rechts auf informationelle Selbstbestimmung aus Art. 2

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	72/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Abs. 1 in Verbindung mit Art. 1 Abs. 1 Grundgesetz verhältnismäßig sein. Bei einer sehr datensparsamen Systemvariante mit einem hohen Mehrwert für das Parkraummanagement bestehen hier aber aller Voraussicht nach keine Argumentationsschwierigkeiten in der Verhältnismäßigkeitsprüfung am Grundrecht.

Parkvorrechte und Ausnahmegenehmigungen, die im Rahmen des Projekts Berücksichtigung finden sollen, können in verschiedenen Varianten vorliegen, beispielhaft seien nur Bewohnerparkvorrechte, Parkvorrechte für Elektrofahrzeuge oder Sonderparkrechte für Ärzte im Einsatz genannt. Im City2.e-System sollten aus datenschutzrechtlichen Gründen keine personenbezogenen Daten auf dem RFID-Transponder gespeichert werden. Personenbezug sollte ausschließlich über die feste Verbindung des RFID-Transponders – und damit des Produktcodes – zum Berechtigungsnachweis für das Parken erfolgen. Es sind – je nach Systemvariante – verschiedene Ausgestaltungen einer Verifikation denkbar. Beispielsweise kann lediglich überprüft werden, ob der RFID-Transponder „echt“ ist, also zulässigerweise im City2.e-System Verwendung findet oder es kann ein Abgleich mit einer Positivliste beim Bezirksamt erfolgen, in der die Gültigkeitsdauer des Parkvorrechts und entsprechende Berechtigungen überprüft werden. Dem Abschlussbericht ist eine tabellarische Darstellung zu entnehmen, wie ein minimaler Datensatz für die verschiedenen Parkvorrechte oder Ausnahmegenehmigungen ausgestaltet werden kann, um dem Gebot der Datensparsamkeit gerecht zu werden.

Da beispielsweise Bewohnerparkberechtigungen an ein konkretes Fahrzeug gebunden sind und – wiederum je nach Systemvariante – Fahrzeugkennzeichen nicht Gegenstand der Datenerfassung sein sollen, müssen solche Informationen zusätzlich visuell für Ordnungskräfte bereitgestellt werden, beispielsweise durch Auslegung des Parkausweises unter der Windschutzscheibe.

Für eine massenhafte Überprüfung im Alltag dürften die Informationen des RFID-Transponders jedoch ausreichen, da ein gezielter Missbrauch von Ausweisen wohl die Ausnahme darstellt. Ziel der im Abschlussgutachten dargestellten Systemvarianten ist somit nicht die Ordnungskräfte zu ersetzen, sondern ihnen die Arbeit zu erleichtern. Alle datensparsamen Systemvarianten werden zumindest weiterhin stichprobenartige Kontrollen von Parkberechtigungen auf ihre Echtheit, ihre Befindlichkeit im richtigen Fahrzeug etc .erfordern. Da die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt ihren selbstgesetzten hohen Zielen¹⁷ für die erforderlichen Ordnungskräfte häufig nicht entsprechen kann, würde die mit der Parkraumsensorik erreichbare Effizienzsteigerung somit aller Voraussicht nach auch nicht mit Personalabbau sondern vorwiegend mit gezielterem Einsatz der Ordnungskräfte und einem Abbau des teilweise im Parkbereich bestehenden Vollstreckungsdefizits einhergehen. Wie dargestellt sind gerade auf Ladeparkplätzen Fehl- und Überbelegungen ein zentrales Problem bei der Entwicklung kostendeckender Geschäftsmodelle, so dass hier eine effizientere Vollstreckung für die bessere Etablierung der Elektromobilität einen eigenen Wert hat.

Die Potenziale des City2.e-Systems für Ordnungsbehörden sind grundsätzlich weitreichend. Unter Einhaltung des Straßenverkehrsrechts abgestellte Fahrzeuge im Bereich der Sensorik kann das City2.e-System zuverlässig erkennen. Neben Haltverboten oder –beschränkungen und Parkvorrechten, kann das System auch seine Stärke im Bereich absoluter oder eingeschränkter Halteverbote entfalten. Auch das Zweite-Reihe-Parken sowie das unzulässige Parken vor Kreuzungen oder Zebrastreifen können zuverlässig erkannt werden. Daneben sind auch zeitlich eingeschränkte Halteverbote (wie beispielsweise für das Be- und Entladen) erfassbar, indem ein interner Zeitabgleich erfolgt und das Fahrzeug erst nach einem gewissen Zeitintervall als Falschparker identifiziert wird.

Die Identifikation als Falschparker hat jedoch nicht den automatisierten Versand von Bußgeldbescheiden zur Folge, sondern gibt den Ordnungsbehörden (je nach Ausgestaltung und Anwendungsgebiet) lediglich einen Hinweis, dass mit allerhöchster Wahrscheinlichkeit ein Parkverstoß vorliegt. Die Daten sollen durch die IT-Plattform so aufbereitet werden, dass wahrscheinliche Parkverstöße für die Ordnungskräfte mit einer sog. „Enforcement-App“ einfach und übersichtlich mittels Farbkennzeichnung im Hinblick auf Wahrscheinlichkeit des Parkverstoßes einsehbar sind (Ampelsystem, ausführlich im Abschlussgutachten).

Darüber hinaus sollen Parkrauminformationen aus dem City2.e-System an Verkehrsteilnehmer und dritte Mobilitätsinformationsanbieter weitergegeben werden. Über eine Softwareapplikation (derzeit die BerlinMobil-App der VMZ) soll die Position freier Parkplätze und deren rechtliche Situation, ergänzt um weitere Informationen zu möglicher Kostenpflichtigkeit oder Parkbevorrechtigungen, angezeigt werden. Denkbar sind auch weitere Informationen mit Bezug auf den Verkehrsteilnehmer oder das

¹⁷ Vgl. etwa Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin (2004): Leitfaden Parkraumbewirtschaftung.

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	73/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Fahrzeug, sofern diese vorher vom Nutzer in das System eingegeben werden (Beispielsweise die Berücksichtigung der konkreten Fahrzeuggröße bei der Parklückenauswahl). Weiterhin kann das City2.e-System auf datensparsame Weise einen Abgleich mit bereits bestehenden Parkscheinautomatendaten ermöglichen, indem die Anzahl ausgegebener Parkscheine mit der über die Radarsensorik erfassten Fahrzeuganzahl verglichen wird und Ordnungskräfte lediglich bei einer Feststellung von mehr geparkten Fahrzeugen als ausgegebenen Parkscheinen zur Kontrolle ausrücken müssten. Beispielsweise an Ladeeinrichtungen kann auch ein Abgleich der Radarsensordaten mit einem Anschlusssensor am Stecker erfolgen, um zu prüfen, ob eine als parkend erfasstes Fahrzeug auch tatsächlich lädt. Hier zeichnet sich das Potenzial der Kombination verschiedenen verkehrstelematischer Sensorsysteme ab. So sind beispielsweise sowohl die genannten Daten der Radarsensorik, des Parkscheinautomat oder des Anschlusssensors am Ladestecker personenbezogen. Bei bedachter Kombination der Daten lässt sich jedoch bereits ein recht genaues Bild über stattfindende Parkvorgänge entwickeln, das in Kombination mit den vom DFKI im Projekt weiterentwickelten Algorithmen bereits sehr präzise Vorhersagen über Parkvorgänge erlaubt, ohne dass überhaupt personenbezogene Daten erhoben werden müssen. Eine derartige Parkraumsensorik käme daher ohne eine datenschutzrechtliche Einwilligung oder gesetzliche Berechtigung zur Datenerhebung aus, hatte aufgrund ihrer Datensparsamkeit hohen Akzeptanzchancen und bietet für die Ordnungskräfte gleichwohl einen hohen Mehrwert.

Gegenstand des Moduls 5 ist auch die Darstellung der Möglichkeiten einer Integration des Handyparkens in das City2.e-System, wobei wiederum mit personenbezogenen Daten wie dem Kennzeichen sparsam umgegangen werden sollte und lediglich die Information, dass ein Handyparker parkt, im City2.e-System verarbeitet und den Ordnungskräften zur Verfügung gestellt werden sollte. Dieses Vorgehen gibt klare Hinweise für die Ordnungskräfte und ermöglicht eine gezieltere Kontrolle.

Im Hinblick auf die Integration von Parkgebührenabrechnungen für Carsharing-Fahrzeuge in das City2.e-System ist zu differenzieren. Carsharingangebote, die mit einem Mobilfunksender ausgerüstet sind und die Standortdaten sowie Parkzeiten den Ordnungsbehörden zur Verfügung stellen, kann das City2.e-System nur bedingt verbessern. Vereinfachungspotenzial wird allerdings in Bezug auf Carsharingangebote gesehen, die über keinen Mobilfunksender verfügen. Für kommerzielle Carsharingangebote sind insbesondere die datenschutzrechtlichen Voraussetzungen geringer, da hinter den Carsharingfahrzeugen keine natürlichen Personen stehen, sondern Unternehmen, deren Daten im Grundsatz weniger schutzwürdig sind.

4.4.3.6 Modul 6: Rechtlicher Rahmen der intelligenten Parkraumbewirtschaftung

1) Abschnitt 6.1: Aufgaben und Zuständigkeiten

Der Aufbau und der Betrieb eines bezirksübergreifenden Systems zur intelligenten Parkraumbewirtschaftung unter Zuhilfenahme von Sensorik, die überwiegend an öffentlichen Beleuchtungsmasten installiert ist (City2.e-System), fällt in Berlin in den Aufgaben- und Zuständigkeitsbereich der Hauptverwaltung, innerhalb derer das verkehrliche Informationshandeln derzeit überwiegend auf die Verkehrsinformationszentrale (VIZ), also einer unselbständigen Verwaltungseinheit in der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt übertragen ist. Folgerichtig würde daher die VIZ auch die entsprechenden Aufgaben im Zusammenhang mit der intelligenten Parkraumbewirtschaftung übernehmen können.

Die Parkraumbewirtschaftung der einzelnen Bezirke und deren Überwachung fallen hingegen in den Aufgaben- und Zuständigkeitsbereich der Bezirke. Daher sind die Bezirke für die Verwertung der Informationen des Systems zur intelligenten Parkraumbewirtschaftung zuständig, soweit ihnen diese von der Hauptverwaltung zur Verfügung gestellt werden.

Ob und wie diese Informationen durch die Mitarbeiter des Verkehrsüberwachungsdienstes der bezirklichen Ordnungsämter eingesetzt werden, obliegt grundsätzlich ihrer Entscheidung. Daher wären die Bezirke auch in die Entwicklung einer entsprechenden „Enforcement-App“ (s.o.) entsprechend einzubinden und könnten andernfalls den Einsatz einer durch die Hauptverwaltung zur Verfügung gestellten „Enforcement-App“ verweigern.

In den größeren und damit häufig kreisfreien Städten der Flächenbundesländer ist die Aufgabenverteilung hier in aller Regel einfacher, da dort alle relevanten Aufgaben und Zuständigkeiten im Straßen- und Verkehrsrecht bei der Stadt liegen.

2) Abschnitt 6.2: Straßenrecht und Parkraumsensorik auf öffentlichen Straßen

Die Beleuchtung der öffentlichen Straßen gehört in Berlin zu den Aufgaben des Landes im Rahmen der Straßenbaulast. Die Beleuchtungsanlagen sind Teil des Straßenkörpers und stehen im Eigentum

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	74/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

des Landes Berlin. Zuständig für die öffentliche Beleuchtung ist die Hauptverwaltung, organisatorisch fällt sie in den Geschäftsbereich des Senators für Stadtentwicklung und Umwelt und der ihm zugeordneten Senatsverwaltung. Die Erfüllung dieser Aufgabe wurde an die Vattenfall Europe Netzservice GmbH vergeben, die den Betrieb, die Wartung, die Instandhaltung und die Schadensbeseitigung der öffentlichen Beleuchtung, einschließlich der beleuchteten Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen, durchführt. Privatisiert ist hier jedoch lediglich die Durchführung der Beleuchtung selbst (funktionale Privatisierung), wohingegen die Beleuchtungsaufgabe und die Durchführungsverantwortung beim Land Berlin (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt) verbleiben.

Möchten private Unternehmen Infrastruktur in Straßenlaternen für eigene Zwecke einbauen (Parkraumsensorik), bedürfen sie dafür in der Regel einer Sondernutzungserlaubnis der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. Grundsätzlich sind derartige Sondernutzungen gebührenpflichtig. Von der Gebührenerhebung kann aufgrund des öffentlichen Interesses an der Forschung jedoch auch abgesehen werden. Die Kosten des Ein- und Rückbaus solcher Infrastruktur sind grundsätzlich durch das private Unternehmen zu tragen.

3) Abschnitt 6.3: Parkraumbewirtschaftung und Parkraumsensorik

Die Parkraumbewirtschaftung ist im Wesentlichen durch das Straßenverkehrsrecht geregelt. Parken und Halten regelt die auf Grundlage des Straßenverkehrsgesetzes erlassene Straßenverkehrsordnung abschließend.

Aufgrund der sehr differenzierten Regelungen zum Parken, insbesondere den vielfältigen Verkehrszeichen, die das Parken regeln, ist die reine Erfassung des Standorts eines Fahrzeugs durch einen Radarsensor in aller Regel nicht ausreichend, um einen Parkverstoß feststellen zu können. Beispielsweise muss bei einem relativen Halteverbot zusätzlich zumindest die Haltezeit eines Fahrzeugs erfasst werden, da von einem Parken nur bei einer Standzeit über drei Minuten ausgegangen werden kann. Sind Parkvorrechte vorgesehen (Bewohnerparken etc.) kann die Parkraumsensorik, die nur mit Radarerfassung arbeitet, keine ausreichenden Feststellungen über die Zulässigkeit der Parkvorgangs treffen, so dass hier zusätzlich eine RFID-Lösung zum Einsatz kommen müsste, wie sie in verschiedenen Systemvarianten des City2.e-Systems beschrieben wird. Eine Digitalisierung der Parkraumbewirtschaftung erfordert insbesondere eine detaillierte Erfassung der an jedem Stellplatz geltenden rechtlichen Regelungen zum Parken. Auch hier lässt sich ein allgemeines Erfordernis für den Einsatz von Verkehrstelematik absehen: der Verkehrsraum ist überwiegend von komplexen rechtlichen Regelungen geprägt. Auch bauliche Anlagen, Verkehrseinrichtungen, (temporäre) Zeichen und Markierungen dienen häufig der Umsetzung rechtlicher Vorgaben. Eine Digitalisierung des Verkehrsraums erfordert also eine Digitalisierung der rechtlichen Vorgaben, was zunächst ihre Darstellung, Auslegung und Interpretation erfordert.

Maßnahmen zur Regulierung des Parkens (Parkraumbewirtschaftung, insbesondere Bewohnerparkvorrechte) sind nur zulässig, soweit der vorhandene Parkraum nicht ausreicht, um die Nachfrage der Parkplatzsuchenden zu befriedigen. Bei Maßnahmen der Parkraumbewirtschaftung muss das Ziel im Vordergrund stehen, den Gemeingebrauch, also den Gebrauch zum Verkehr durch Jedermann, zu verbessern. Beispielsweise kann über die Bepreisung des Parkens ein Anreiz zum Kurzparken geschaffen werden und dadurch wiederum andere Nutzer zum Zuge kommen. Die Einnahmeerzielung über Gebühren kann bei der Parkraumbewirtschaftung aufgrund der angestellten Erwägungen zum Gemeingebrauch nur Nebeneffekt sein. Private Entgelterhebung und Bewachung von Fahrzeugen auf öffentlichen Straßen sind eine den Gemeingebrauch verdrängende Sondernutzung zur privaten Gewinnerzielung und damit unzulässig. Dasselbe gilt für alle Geschäftsmodelle, die darauf abzielen, Parkraum zu reservieren.

Aus dem Grundsatz des Gemeingebrauchs ergibt sich auch, dass sich Parkvorrechte zugunsten bestimmter Fahrzeuge oder Bevölkerungsgruppen und Ausnahmegenehmigungen grundsätzlich aus Gründen der Sicherheit oder Leichtigkeit des Verkehrs oder aus einem besseren Gemeingebrauch für alle rechtfertigen lassen müssen. Mögliche Parkvorrechte und -ausnahmen sind daher begrenzt.

Verkehrsordnungswidrigkeiten werden in allen Systemvarianten des City2.e-Systems weiterhin durch die Ordnungskräfte am Fahrzeug vor Ort festgestellt und von diesen der zentralen Bußgeldstelle zugeleitet. Schon aus Gründen des Datenschutzes ist eine ausreichend beweiskräftige automatisierte Erfassung falsch parkender Fahrzeuge nach geltendem Recht nicht möglich und im Projekt auch nicht vorgesehen. Die Sanktionsmöglichkeiten eines möglichen Missbrauchs von Parkausweisen mit RFID-Transpondern sind derzeit noch lückenhaft und müssen im Falle der Einführung einer bestimmten Systemvariante unter Nutzung solcher Parkausweise überdacht werden.

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	75/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

4) Abschnitt 6.4: Parkraumsensorik auf Privatstraßen

Im Fokus der Begutachtung stehen der Aufbau und Betrieb von Parkraumsensorik auf öffentlichen Straßen. Insbesondere im Rahmen der Verlängerung der Projektlaufzeit wurden jedoch auch Überlegungen zu straßen- und straßenverkehrsrechtlichen Besonderheiten und Unterschieden bei der Parkraumsensorik auf privaten und sogenannten halb-öffentlichen Straßen und Flächen angestellt. So sind Privatstraßen nicht dem öffentlichen Verkehr gewidmet und unterfallen damit auch nicht den Regelungen für öffentliche Straßen. Demgemäß besteht an Privatstraßen auch kein Gemeingebrauch und Sondernutzungserlaubnisse für Installation und Betrieb von Parkraumsensoren sind nicht erforderlich. Die Rechtsverhältnisse bestimmen sich vornehmlich nach bürgerlichem Recht, es können jedoch allgemeine öffentlich-rechtliche Grundsätze wie Diskriminierungsfreiheit, Verhältnismäßigkeit etc. gelten. Nutzungsrechte gegenüber dem Eigentümer können durch privatrechtlichen Vertrag eingeräumt und geregelt werden. Die Verwendung der durch Parkraumsensorik erhobenen Parkrauminformationen kann im Rahmen der Gesetze ebenfalls vertraglich geregelt werden. Es bieten sich daher im Grundsatz deutlich weitere Einsatzmöglichkeiten: insbesondere die Reservierung von Parkraum und eine differenzierte Gestaltung von Parkvorrechten ist hier in aller Regel möglich.

Datenschutzrechtliche Regelungen gelten allerdings auch im Bereich privater und halb-öffentlicher Straßen, wenngleich hier über die Möglichkeit der vertraglichen Einwilligung zu bestimmten Datennutzungen zumindest etwas größere Spielräume als im öffentlichen Straßenraum bestehen dürften. Freier ist der private Eigentümer im Hinblick auf die Gebührenerhebung. Die Höhe der Gebühren und die übrige zivilrechtliche Ausgestaltung des diesbezüglichen Parkraummanagements und der Verträge mit den Parkraumnutzern bedürfen keiner (öffentlichen) Anordnung und fallen grundsätzlich in die Privatautonomie des Eigentümers.

5) Modul 7: Datenschutzkonzept, Informationsregime und telemedienrechtliche Anforderungen

Modul 7 dient der Darstellung der bereits in Modul 5 thematisierten regulatorischen Rahmenbedingungen des Datenschutzrechts, des Informationsregimes und der telemedienrechtlichen Anforderungen sowie der Anwendung dieser Rahmenbedingungen auf das City2.e-System.

Im Rahmen der Begutachtung des Datenschutzes wurden dabei die Grundsätze des Datenschutzrechts analysiert und auf das City2.e-System übertragen. Eine Übersicht dieser Datenschutzgrundsätze und der Rechtsquellen bietet die folgende Tabelle:

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	76/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Grundsätze des Datenschutzes	BlnDSG	BDSG, für nicht-öffentliche Stellen	TMG
Rechtmäßigkeit Erhebungsverbot mit Erlaubnisvorbehalt Verarbeitungsverbot mit Erlaubnisvorbehalt Übermittlungsverbot mit Erlaubnisvorbehalt Verbot des automatisierten Abrufs mit Erlaubnisvorbehalt Verbot der Videoüberwachung mit Erlaubnisvorbehalt Datenrichtigkeit und -integrität	§ 6 Abs. 1 § 6, § 10 § 6, § 8 §§ 12 ff. § 15, § 15a § 31b § 7 Nr. 2, § 17, § 5 Abs. 2 Nr. 2	§ 4 Abs. 1 § 4 Abs. 1, § 5, § 28 § 4 Abs. 1, § 28 § 4b f., § 28a Teilw. § 6a, § 10, § 20 Abs. 5, Meldepflicht § 4d f. § 6b § 6, § 20 Abs. 1, § 35	§ 12 + Verweis auf allg. Vorschriften für den Schutz personenbezogener Daten
Einwilligung Aufklärungspflicht und Kopplungsverbot Widerruflichkeit/ Widerspruch Formgebundenheit/Hervorhebung	§ 6 § 6 Abs. 3 § 17 Abs. 7 § 6 Abs. 3 S. 3, Abs. 4, 6	§ 4 Abs. 1, § 4a, § 28 § 4 Abs. 3, § 28 Abs. 3a, 3b § 28 Abs. 4 § 4a Abs. 1 S. 3 u. 4	§ 13 Abs. 1-3 (elekt. Einwilligung mit qualifizierter Aufklärungspflicht) § 13 Abs. 2-4
Datenvermeidung Erforderlichkeit Löschung und Sperrung	§ 5a § 9 § 7 Nr. 2, § 17 Abs. 2 u. 3	§ 3a § 28, § 30 § 6, § 20, § 35	§ 13 Abs. 6, § 14, § 15 § 14 § 13 Abs. 4 Nr. 2, § 15 Abs. 7 u. 8
Zweckbindung	§ 11	§ 6 Abs. 3, § 28, § 31	§ 13 Abs. 1, § 14, § 15
Transparenz Datenerhebung beim Betroffenen mit Kenntnis und vollständiger Aufklärung über Verwendungszweck etc. Authentizität Revisionsfähigkeit Transparenz i. e. S. Auskunftsrechte des Betroffenen und Benachrichtigung	§ 10 Abs. 1 u. 2 § 5 Abs. 2 Nr. 4 § 5 Abs. 2 Nr. 5 § 5 Abs. 2 Nr. 6 § 7 Nr. 1, § 16, § 18a	§ 4 § 6, § 33 f., § 42a	§ 13 Abs. 4, § 15 § 13 Abs. 5 § 13 Abs. 7, § 15a
Datensicherheit Vertraulichkeit und Datengeheimnis Integrität Verfügbarkeit Trennungsprinzip Besonderer Schutz für mobile personenbezogenen Speichermedien	§ 5 Abs. 1 § 5 Abs. 2 Nr. 1, § 3a § 5 Abs. 2 Nr. 2 § 5 Abs. 2 Nr. 3 § 5 Abs. 5 - § 31c	§ 9 § 5 - § 6c	§ 13 Abs. 4 Nr. 3, § 15 Abs. 6 § 13 Abs. 4 Nr. 4-6, Abs. 6, § 14, § 15
Kontrolle Datenschutzbeauftragter = Aufsichtsbehörde Meldepflicht/ Vorabkontrolle Auftragsdatenverarbeitung Datensicherheitskonzept u. Risikoanalyse	§ 19 f. § 19a, §§ 21ff. - § 19a Abs.1 S.3 Nr.1 § 3 § 5 Abs. 3	§ 4f f. § 38 BDSG i. V. m. § 33 BlnDSG § 4d f. § 11 DS-Audit § 9a	
Besonderer Schutz sensibler Daten Besondere Einwilligung	§ 6a i. V. m. Art. 8 Abs. 1 RL 95/46/EG § 6 Abs. 5 S. 3	§ 28 Abs. 7-9, § 3 Abs. 9	

Tabelle 2 Übersicht der Datenschutzgrundsätze und der Rechtsquellen

Datenschutzgrundsätze, die bei Entwicklung und Betrieb der Parkraumsensorik besonders in den Fokus gerückt werden müssen, sind die drei in der Tabelle gelb hinterlegten (Unter-)Grundsätze, die im Folgenden cursorisch wiedergegeben werden. Im Abschlussbericht findet sich eine ausführliche Auseinandersetzung mit sämtlichen Grundsätzen des Datenschutzrechts und eine vertiefte Berücksichtigung der diesbezüglichen Voraussetzungen und Wirkungen auf das City2.e-System.

So dürfen personenbezogene Daten grundsätzlich nur mit der Einwilligung des Betroffenen erhoben, verarbeitet oder übermittelt werden. Die Einwilligung muss dabei die freie Entscheidung über die Preisgabe der Daten widerspiegeln. Insbesondere darf bei der Datenverarbeitung durch eine öffentliche Stelle nicht der Eindruck erzeugt werden, dass Leistungen, auf die der Betroffene einen Anspruch hat, wie beispielsweise einen Bewohnerparkausweis, erst erbracht werden, wenn er in die Datenverarbeitung einwilligt (**Kopplungsverbot**). Wird dem Bewohner der Eindruck vermittelt, er könne den Bewohnerparkausweis nur erhalten, wenn er in dessen Verbindung mit einem RFID-

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	77/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Transponder mit seinen personenbezogenen Daten und der Verarbeitung einwilligt, ist diese Einwilligung unwirksam, weil sie nicht frei von Willensmängeln erklärt würde. Vielmehr muss der Bewohner ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass die Erteilung des Bewohnerparkausweises nicht von der datenschutzrechtlichen Einwilligung abhängig gemacht werden darf (**Aufklärungspflicht**). Selbst datensparsame Varianten eines Bewohnerparkausweises sind daher flächendeckend aller Voraussicht nach nur mit einer zu diesem Zweck erst zu schaffenden Ermächtigungsgrundlage für die Datenerhebung denkbar (dazu Modul 5), da die Ausweisinhaber wenig Anreiz haben, sich einen Ausweis mit RFID-Transponder ausstellen zu lassen.

Relevant für die Auswahl der in Modul 5 angesprochenen Systemvarianten ist insbesondere, dass das Datenschutzrecht vorgibt, so wenig personenbezogene Daten wie möglich zu erheben, zu verarbeiten und zu nutzen. Personenbezogene Daten sind zu anonymisieren oder zu pseudonymisieren, soweit dies nach dem Verwendungszweck möglich ist. Auch bei einer erfolgten Einwilligung durch den Betroffenen oder einer gesetzlichen Erlaubnis dürfen Daten nur erhoben werden, soweit dies erforderlich ist. In diesem **Erforderlichkeitsgrundsatz** findet sich letztlich das verfassungsrechtliche Verhältnismäßigkeitsprinzip im Hinblick auf das Grundrecht auf informationelle Selbstbestimmung abgebildet, ausgerichtet an dem Ziel der Datenvermeidung und Datensparsamkeit.

Insbesondere der Sicherheit der Daten dient das **Trennungsprinzip**, welches erfordert, dass eine automatisierte Datenverarbeitung so organisiert sein soll, dass bei der Verarbeitung, insbesondere der Übermittlung, der Kenntnisnahme im Rahmen der Aufgabenerfüllung und der Einsichtnahme, die Trennung der Daten nach den jeweils verfolgten Zwecken und nach unterschiedlichen Betroffenen möglich ist. Eine effektive Trennung von Daten sollte beispielsweise auch dann erfolgen, wenn bestimmte Daten (z. B. die Identifikationsnummer eines RFID-Transponders) nur erhoben werden, um die Echtheit des Transponders bzw. die Zulässigkeit eines Kommunikationsvorgangs mit diesem Transponder zu verifizieren. Für derartige Anwendungen wird häufig ein Abgleich der Identifikationsnummer mit den zugelassenen Identifikationsnummern vorgenommen, der auch auf einem separaten Speichermedium erfolgen kann, ohne dass die Nummer mit dem übrigen Datenverarbeitungsvorgang in Verbindung gesetzt werden muss.

Zu beachten sind weiterhin die **informationsrechtlichen Regelungen**, insbesondere die Voraussetzungen, die das Informationsweiterverwendungsgesetz (IWG) an die Weiterverwendung von bei öffentlichen Stellen vorhandenen Informationen stellt.

Zentrale Regelung des IWG ist § 3 Abs. 1 IWG. Werden Informationen von öffentlichen Stellen als Ausgangsmaterial für eigene Geschäftstätigkeiten weiterverwendet, gelten danach hierfür die gleichen Entgelte und Bedingungen wie für andere Personen. Ein unmittelbarer Anspruch auf Zugang zu Informationen wird durch das IWG zwar nicht begründet, wenn Dokumente von öffentlichen Stellen durch Dritte jedoch weiterverwendet werden oder die öffentliche Hand sie selbst zur Grundlage einer wirtschaftlichen Betätigung macht, gilt ein striktes Diskriminierungsverbot.

Demnach haben dritte Mobilitätsinformationsanbieter und Endnutzer gegen eine von der öffentlichen Hand betriebenen Parkrauminformationsplattform immer dann einen Anspruch auf Informationsweitergabe, wenn und soweit Informationen auch an dritte Unternehmen weitergegeben werden oder die Informationen von öffentlichen Stellen als Ausgangsmaterial für eigene Geschäftstätigkeiten verwendet werden.

Nach § 3a Abs. 1 S. 1 IWG dürfen Regelungen über die Weiterverwendung von Informationen öffentlicher Stellen keine ausschließlichen Rechte gewähren, was eine exklusive Weiterverwendung öffentlicher Verkehrsinfos weitgehend ausschließt. Insbesondere diesen Umstand gilt es bei der Ausgestaltung des City2.e-Systems zu beachten.

4.4.4 Weitere Forschungsrahmenbedingungen

Zu weiteren Forschungsrahmenbedingungen wie Ergebnisverwertung, Fortschreibung des Verwertungsplans Angaben zu Personalkosten und –ausgaben, Erfolgskontrollbericht verweist das IKEM auf die Ausführungen und Anlagen zum separat beim Projektträger vorgelegten Schlussbericht Teilvorhaben aus dem Oktober 2016.

4.5 Ergebnisbericht DFKI (AP DFKI-9)

Erstellt durch: DFKI GmbH, Bremen
Prof. Dr. Tim Tiedemann, Projektleiter
Elmar Berghöfer, wissenschaftlicher Mitarbeiter

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	78/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

4.5.1 Einleitung

Das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI) erstellte ein adaptives Prognosemodul, das der Vorhersage des Angebots an Park- und Ladeplätzen dient. Die Arbeiten dazu gliederten sich in die folgend beschriebenen sechs Arbeitspakete: 9.1 Analyse Systemanforderungen und Schnittstellen, 9.2 Konzept und Implementierung, 9.3 Integration VMZ-Systemkomponenten, 9.4 Simulation und Test, 9.5 Implementierung erhöhte Automatisierung/Fehlertoleranz und 9.6 Erweiterte Evaluierung einschließlich erster Untersuchung zu kleinen Parkplatztgruppen.

4.5.2 AP 9.1: Analyse Systemanforderungen und Schnittstellen

Ziel des Arbeitspaketes war eine Analyse der Anforderungen und Schnittstellen des Prognosemoduls. Im Folgenden wird beides kurz zusammengefasst. Für weitere Fragen sei auf angesprochene externe Dokumente und die Beschreibungen zu den anderen Arbeitspaketen verwiesen. Die Architektur des Prognosemoduls wurde integriert in die gesamte City2.e-Plattform auf den Systemen der VMZ geplant. Serverdienste für die Parkraumsensorik und die Vorhersagen können dabei auf virtuellen Servern bei der VMZ realisiert und in die Gesamtplattform eingebunden werden. Im Rahmen der Projektlaufzeit wurde diese Software- und Datenfluss-Architektur umgesetzt, siehe die Beschreibungen der anderen Arbeitspakete. Die jeweils verwendete Hardware blieb dabei getrennt (Prognosemodul auf virtuellen Servern auf Hardware am DFKI, VMZ-Komponenten auf VMZ-Hardware in Berlin). Des Weiteren wurde ein Push-basierter Datenaustausch zwischen Parksensoren (bzw. dem der Sensorik nachgeschalteten Server) und VMZ (City2.e-Plattform) bzw. DFKI (Vorhersageserver) geplant und realisiert, bei dem nur im Falle einer Statusänderung und ohne Anfrage des Empfängers der aktuelle Status gesendet wird.

Die Schnittstelle zwischen Vorhersageserver und anfragender City2.e-Plattform (bzw. des VMZ-Routenplaners) ist dagegen anfragebasiert entworfen: Der Routenplaner fragt bei Nutzeranfrage oder vorausgreifend (für einen künftigen Zeitraum und alle beobachteten Parkbereiche) beim Vorhersageserver an. Die Anforderung an die Ausgabe des Vorhersageservers lautet dabei:

- 1) Es wird jeweils für einen bestimmten Parkbereich angefragt. Die Bereiche sind zuvor festgelegt und decken ein paar bis mehrere Dutzend Einzelstellplätze ab.
- 2) Es wird für ein bestimmtes Datum und eine bestimmte Zeit (in der Zukunft) angefragt. Dieser Zeitpunkt kann prinzipiell beliebig weit in der Zukunft liegen.
- 3) Als Antwort erwartet wird die Anzahl freier (indirekt die Anzahl besetzter) Stellplätze zusammen mit einer Wahrscheinlichkeitsangabe.
- 4) Die Qualität der Vorhersage soll möglichst gut sein. Es ist aber selbstverständlich, dass a) erst eine ausreichende Datenbasis vorhanden sein muss und dass b) keine perfekte Vorhersage möglich ist.
- 5) Es reicht, wenn die zeitliche Auflösung der Vorhersagen (d. h. das zeitliche Raster in dem sich die Vorhersagen ändern) bei 30 Minuten bis 2 Stunden liegt.

Die Datenübertragung wird mittels JSON-Messages durchgeführt, die Komponenten bauen TCP/IP-Verbindungen auf. Nach Verbindungsaufbau zum Sensordaten-Server erfolgen einmalig das Senden aller freien Plätze (in Form einer Verfügbarkeits-Nachricht je Platz) und danach ein laufendes Senden von Belegungsänderungen. Der Sensor sammelt dazu mehrere Messwerte und sendet Änderungen nach einem Ein- oder Ausparken in einem Raster von einzelnen Sekunden bis zu maximal wenigen Minuten. Bezüglich verschiedener Fahrzeuggrößen wurden drei unterschiedliche Schnittstellen diskutiert:

- 1) Die hauptsächlich benötigten Belegungszustände (belegt/nicht belegt) je Fläche einer Matrix (z. B. ein oder zwei Matrixflächen je Standard-Pkw)
- 2) Kontinuierliche Werte je Sensorfläche (z. B. % der Radarreflektion)
- 3) Belegungszustände (belegt/nicht belegt) für Fahrzeugklassen (kleine Pkw, große Pkw etc.).

Implementiert wurde eine Schnittstelle mit der benötigten Funktionalität (Belegungszustand) und einer Größenangabe bei der Abfrage (s.u.).

Ein Spezifikationsdokument zu den Schnittstellen wurde von SIEMENS in Zusammenarbeit mit der VMZ und dem DFKI erstellt. Danach erfolgte eine JSON-konforme Verbindung per Websockets. Die

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	79/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

JSON-Message-Formate sind für die Anfrage und die Antwort (an den bzw. von dem Sensor) definiert. Die Message-Formate für die Anfrage an und die Antwort vom "Vorhersage-Server" (auch als "Prognose-Modul" bezeichnet) sehen ähnlich aus, enthalten jedoch noch zusätzliche Daten. So werden für eine Vorhersageabfrage ein Zieldatum, eine Zielzeit, ein Ort (mit Umgebung) und eine Fahrzeuggröße angegeben. Bei letzterer handelt es sich nicht um eine diskrete Größenklasse sondern um (ggf. diskretisierte) freie Größenangaben. Allerdings wurden die Größenangaben innerhalb des Projektes nicht genutzt und wären (wie auch die Ortsangabe) über getrennte Vorhersagen mit getrennten Vorhersageservern und getrennten Datensammlungen leicht zu realisieren. Mit der Fertigstellung der Schnittstellenspezifikation sind die wesentlichen Punkte der Schnittstellen zwischen Siemens-, VMZ- und DFKI-Komponenten festgelegt. Im Laufe der Implementierung (AP DFKI-9.2) fand dann die Ausarbeitung zu Detailfragen statt.

Die Systemanforderungen bestehen in erster Linie aus der Gesamtstruktur und den jeweils erwarteten/benötigten Datenströmen. In Abbildung 62 sind die Komponenten und der Datenfluss dazwischen skizziert.

Das Prognose-Modul ("P(frei)" in der Skizze) kann beim Sensor (bzw. einem nachgelagerten System zur Datenaufbereitung) Anfragen zur Zusendung aktueller Sensordaten stellen. Das Prognosemodul kann dann auf Basis der Sensordaten eine Datenbasis für die Vorhersagen lernen und intern verwalten. Aus den anderen Komponenten (etwa dem Routenplaner) erfolgen über die City2.e-Plattform wiederum Anfragen an das Prognosemodul. Das Prognosemodul antwortet darauf (basierend auf den gelernten Daten) mit der jeweiligen Vorhersage. In dieser Antwort ist neben der eigentlichen Vorhersage (Anzahl freier Plätze) eine Angabe zur Unsicherheit (Genauigkeit und/oder Zuverlässigkeit) enthalten. Als zeitliche Auflösung für die Genauigkeit der Vorhersagen (und auch für die Anfragen an die Sensoren) sind 15 Minuten oder sogar 30 Minuten ausreichend (siehe auch die initialen Anforderungen oben).

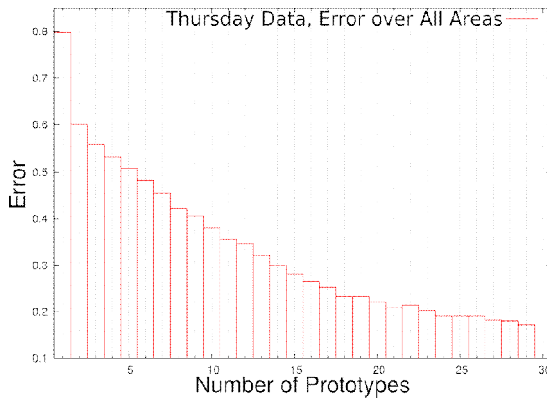


Abbildung 62: Übersicht der Komponenten und des Datenaustausches. Das vom DFKI entwickelte Prognosemodul ist mit dem Block "P(frei)" dargestellt. Es kann durch die Projektplattform Anfragen an das Sensorsystem stellen und es bekommt Vorhersageanfragen über die Plattform (Quelle: VMZ Berlin).

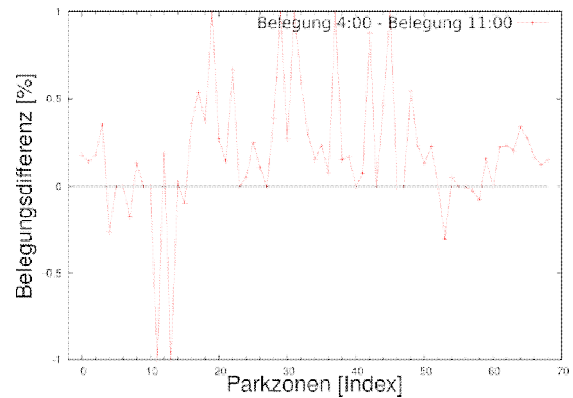
4.5.3 AP 9.2: Konzept und Implementierung

Für die Erstellung eines Konzeptes des Prognosemoduls waren exemplarische Parkbelegungsdaten aus der Region um das Pilotgebiet notwendig. Von der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt wurden drei manuell aufgenommene Datensätze mehrerer Straßen in der Nähe des geplanten City2.e-Demonstrationsgebietes zur Verfügung gestellt. Diese Daten waren zwar bei weitem nicht umfangreich genug, um darauf basierend direkt eine selbstlernende, dynamische Vorhersage zu entwickeln. Allerdings ließen sich mit diesen Daten erste Untersuchungen zu Parkplatzgruppen mit ähnlichem Belegungsverhalten und zu Unterschieden zwischen verschiedenen Parkplatzgruppen durchführen. Bei der Untersuchung konnten nicht die erhofften Ergebnisse gefunden werden: Zwar sollen die Daten die typischen Extremfälle Wohngebiet und Geschäftsgebiet abdecken (mit jeweils ganz anderen typischen Parkplatzbelegungsmustern), jedoch finden sich in den gesammelten Daten nicht nur zwei deutlich abgegrenzte Cluster. Stattdessen gibt es einen fließenden Übergang von vielen Parkgebieten mit sogenanntem Mischverhalten (siehe Abbildung 63 (a) und (b)).

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	80/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------



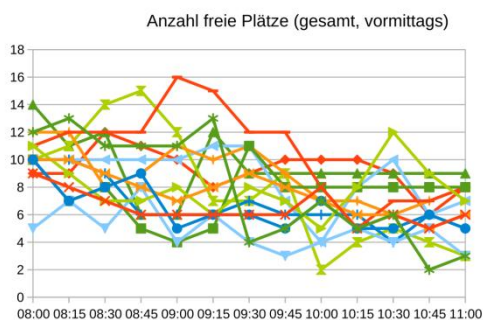
(a)



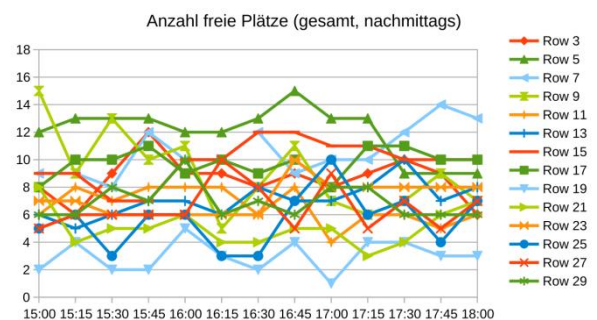
(b)

Abbildung 63: **Links:** Lernfehler in Abhängigkeit von der Anzahl der Prototypen. Wichtig hier ist der Unterschied zwischen dem Fehler mit einem Prototyp und dem Fehler mit zwei Prototypen. Die Verbesserung durch den zweiten Prototyp ist deutlich größer als die durch jeden weiteren. **Rechts:** Unterschiedliche Belegung zwischen Tag und Nacht (über alle Parkbereiche). Bei den extremen Spitzen unten (Nr. 11 und 13) und oben (Nr. 19, 29, 31, 37 und 45) ist die Belegung am Tag (11:00 Uhr) genau gegensätzlich zur Belegung in der Nacht (4:00 Uhr). Zwischen den beiden Varianten einer solchen extremen Änderung (Spitzen oben gegenüber den Spitzen unten) gibt es bei den aufgenommenen Daten jedoch viele Bereiche mit Mischverhalten.

Mit dem Projektpartner SenStadtUm (Senatsverwaltung Berlin) wurde daher eine zweite Datenerhebung im Bereich Bundesallee besprochen. Für die APs zum Prognose-Modul ist hier besonders die Frage der Streuung unterschiedlicher Parkverhalten (Belegungszahlen) an gleichen Wochentagen zu selben Zeiten interessant. SenStadtUm hat dazu im dritten Quartal 2014 mit einer langfristigen Datenerhebung begonnen, die jeweils donnerstags zu denselben Zeiträumen (einmal vormittags, einmal nachmittags) durchgeführt wurde (Messung zu mehreren Zeiten je Tagesabschnitt). Die ersten Ergebnisse sahen bereits sehr gut aus. Zur Streuung kann allerdings naturgemäß erst nach vielen Datenerhebungen etwas gesagt werden. Die Datensammlung wurde deshalb im Jahr 2015 fortgesetzt. Insgesamt sind so viele Daten zusammen gekommen, dass sich eine deutliche Streuung erkennen lässt. Zu einzelnen Zeiten sind auch mögliche Aufteilungen in diskretisierbare Gruppen zu erkennen (siehe Abbildung 64). Um das zu bestätigen, wären allerdings noch umfangreichere Daten notwendig.



(a)



(b)

Abbildung 64: Datensammlung der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt bis Anfang 2015. Abgebildet sind die jeweils in dem gesamten Erhebungsgebiet zur Verfügung stehenden freien Plätze. Links sind die vormittags gesammelten Daten zu sehen und rechts die Nachmittagsdaten. Zu erkennen ist eine relativ breite Streuung der Belegungen (vor- und nachmittags).

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>81/95</p>
--	------------------------------------	---	--------------

Die gesammelten Daten waren in erster Linie für das Vorhersagekonzept wichtig. Darüber hinaus waren sie für die Tests der fortschreitenden Integration (Arbeitspaket DFKI-9.3) und für die finalen Tests (Arbeitspaket DFKI 9.4) sinnvoll und wurden dort wieder aufgegriffen.

Der Projektpartner SIEMENS hatte zwischenzeitlich erste prototypische Testsensoren in München aufgebaut (u. a. am Gasteig, d. h. in einer realen Straßenszene). Die Sensoren deckten jeweils ca. zwei bis drei Parkplätze ab und wurden in erster Linie für Tests der Sensorik selbst verwendet. Nach der Absprache einer ersten Schnittstelle (siehe Kapitel zu AP DFKI-9.1) konnte jedoch eine (aufgezeichnete) Datenausgabe von diesem Sensor als Schnittstellen- und Implementierungstest realisiert werden.

Das Gesamtkonzept für die Vorhersage wurde im vierten Quartal 2014 fertig gestellt und sieht folgendermaßen aus: Das Vorhersagemodul sammelt laufend Daten von der Parkraumsensorik. Optional können je nach verwendeten bzw. zu testendem Verfahren die Daten in Batches oder online für das Lernen weiterverarbeitet werden. Der Umfang der erwarteten Daten erscheint so gering, dass eine komplette Speicherung (zumindest für Tests und Debugging-Fälle) auch über eine Laufzeit von vielen Jahren möglich erscheint. Getrennt voneinander werden die Belegungen gelernt von a) verschiedenen Parkgebieten und b) verschiedenen Größenklassen. Sollten die Parkgebiete besonders klein sein, könnte zwischen den empfangenen Daten der Parkraumsensoren und dem Lernverfahren selbst eine Aggregation mehrerer realer Sensoren zu einem virtuellen Sensor vorgenommen werden. Bei einer Abfrage werden dann ein Zieldatum, eine Zielzeit, eine Wunschgröße und ein Parkgebiet angegeben. Bei getrennten Vorhersagen je nach Parkgebiet und Größe muss dann der entsprechende Vorhersagedatensatz ausgewählt werden. Dann kann der aus dem Datum extrahierte Wochentag zusammen mit der Zeit zu einer Abfrage (Recall) der gelernten Parkplatzbelegung führen. Eine Angabe der Zuverlässigkeit kann dann je nach Verfahren parallel mit gelernt und beim Recall ausgegeben werden oder ist im Verfahren inhärent verfügbar.

Das Vorhersagekonzept wurde zu dem auf Transportation fokussierten "Workshop for Artificial Intelligence in Transportation" der Konferenz der Association for the Advancement of Artificial Intelligence AAAI-WAIT-15 eingereicht und angenommen. Die Konferenz AAAI-15 fand im Januar 2015 statt. Im Rahmen der Vortragspräsentation auf dem Workshop gab es verschiedene Rückmeldungen. So wurde die Verwendung der Prognoseanfragen selbst zur Optimierung der Vorhersagen vorgeschlagen. Ähnliche Überlegungen (Wechselwirkung zwischen Anfragen/Nutzer des Systems und Nutzer-unabhängigen Prognosen) wurden bereits projekt-intern diskutiert. Die Überlegungen hierzu waren, dass ein kritischer Nutzerumfang (ab dem es a) Wechselwirkungen zwischen ausgegebenen Vorhersagen und dadurch verursachtes, geändertes Nutzerverhalten, also eine Störung der Vorhersage gibt und ab dem es b) eine ausreichende Nutzerbeteiligung zur signifikanten Verbesserung der Vorhersagen auf Basis des Anfrageverhaltens gibt) erst bei umfangreicher Nutzung des Projektes unter im Untersuchungsgebiet parkenden Fahrzeugführern zu erwarten ist. Außerdem gab es bei den anderen vorgestellten Projekten, deren Problemen und Lösungen, ebenfalls interessante Erkenntnisse.

Das Konzept der Implementierung sieht für das Prognosemodul final drei Prozesse vor. Ein Prozess läuft durchgängig und sammelt die Sensordaten. Ein zweiter Prozess übernimmt die Konvertierung der empfangenen Daten und eine erste Vorverarbeitung. Ein dritter Prozess übernimmt schließlich die eigentliche Bereitstellung des Dienstes zur Vorhersagegenerierung (Antwort auf Anfragen). Der dritte Prozess soll möglichst durchgängig laufen und die Ausführung von Prozess zwei (Konvertierung) bei Bedarf anstoßen (alternativ Ausführung von Prozess zwei zu festgelegten Zeiten). Bei Ausfällen von Prozess drei wäre zwar temporär das Prognosemodul nicht verfügbar. Nach einem erfolgreichen erneuten Start wäre allerdings keine Beeinträchtigung festzustellen. Ein Ausfall der Datensammlung (Prozess eins) kann hingegen zu dauerhaftem Datenverlust führen. Aus diesem Grund bietet es sich an, mehrere Instanzen von Prozess eins parallel, ggf. auf mehreren Maschinen zu betreiben. Hierzu siehe die Beschreibungen zu Arbeitspaket DFKI-9.3, das die Integration in das finale City2.e-2.0-Gesamtkonzept (City2.e-2.0-System, VMZ-Systemkomponenten) beschreibt.

Die Implementierung der für das Prognosemodul wichtigen Komponenten wurde im dritten Quartal 2014 in München und bei der VMZ in Berlin begonnen. Nach dem Aufsetzen der ersten Systeme folgte auch ein Test des Datenaustausches (z. B. Anfrage Sensorwerte). Die Implementierung und Tests der Schnittstellen in Bremen wurde danach durchgeführt. Die Implementierungen zum Prognosemodul selbst erfolgten ab 2014. Erster Teilbereich war der Datenempfang der von den Sensoren gemeldeten Belegungsdaten. Der zweite Teilbereich war die Vorverarbeitung und Speicherung der empfangenen Daten und der dritte die Lern- und Prognoseverfahren selbst (und die Ausgabe der Vorhersagen). Parallel zur Implementierung des ersten Teilbereichs erfolgte auch ein

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	82/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Empfangstest auf der Protokollebene (JSON) mit allgemeinen Netzwerkttools. In diesem Fall kamen die Daten nicht von realen Sensoren sondern von wiederholend gesendeten aufgezeichneten Daten aus ersten Sensortests (s. o.). Diese simulierten Sensorausgaben wurden vom Projektpartner Siemens aufgesetzt.

4.5.4 AP 9.3: Integration VMZ-Systemkomponenten

Die Arbeiten an diesem Arbeitspaket begannen planmäßig zu Beginn des Jahres 2015 zunächst mit der Implementierung von Prozessen, die mit den anderen Komponenten des City2.e-2.0-Frameworks kommunizieren. Hierzu zählt ein erster Prognose-Testserver, der auf Prognoseanfragen mit einer, der spezifizierten Schnittstelle entsprechenden, Antwort reagiert. Da anfangs noch keine tatsächlichen Messwerte zur Verfügung standen, wurde hier zunächst lediglich eine Standardantwort generiert. Diese konnte dann bereits für die Projektpartner (also für andere Systemkomponenten) bereits für Tests verwendet werden.

Auf einem Treffen der Projektpartner am 4. März 2015 in Berlin erfolgte eine gegenseitige Abstimmung. Unter anderem wurde die Integration der einzelnen Systemkomponenten auf unterschiedliche Phasen besprochen. So wurde ein erster Testserver (siehe oben) zunächst auf einem vorläufigen System in Bremen eingerichtet, bevor in einer zweiten Phase ein finales System in Berlin aufgesetzt werden sollte.

Im Rahmen der Integration der VMZ-Systemkomponenten wurde als Vorbereitung ein virtueller Server am DFKI in Bremen aufgesetzt. Auf diesem System wurden die ersten Prozesse des Prognose-Moduls installiert und Tests damit durchgeführt. Parallel dazu wurde von den Projektpartnern mit der Einrichtung des finalen Systems bei der VMZ Berlin begonnen. Somit konnte bereits früh mit den Tests und der Implementierung des Prognosemoduls begonnen werden. Das in Bremen aufgesetzte System wurde dann auch direkt zu Beginn von AP DFKI-9.4 – “Simulation und Test” für die Durchführung von Tests und Optimierungen weiter genutzt werden.

Es stellte sich heraus, dass der Betrieb eines Teilsystems in Berlin und eines in Bremen auch für den finalen Stand zu Projektende eine mögliche Variante ist, da technisch die Anbindung in Bremen transparent ist. Daher gab es keinen Grund mehr, wie zunächst geplant die Infrastruktur für das Prognosesystem nach Berlin umzuziehen und verblieb daher bis Projektende in Bremen.

Das System in Bremen umfasst hierbei im Wesentlichen drei Dienste. Einen der wie bereits beschrieben die Daten der Sensoren abfragt, einen zweiten Dienst der die Anfragen für die Prognose der Parkraumbelegung zu einem bestimmten Zeitpunkt beantwortet und schließlich einen dritten, der die Prognosen generiert. Das Serverprogramm, welches die Anfragen beantwortet, erstellt die Vorhersagen nicht direkt selbst, sondern liest aus einer Datei Lernergebnisse ein und verwendet diese für die Antwort. Hierzu wird eine Datei pro Parkregion erstellt, die für jeden Wochentag eine auf Basis der aktuellen Daten generierte Verlaufskurve der zu erwartenden Parkraumbelegung enthält. Diese Kurve enthält diskretisierte Werte für verschiedene Zeitpunkte, die Auflösung entspricht hierbei der für die Vorhersage gewählten Zeitabschnitte. Diese können variabel festgelegt werden, beispielsweise einmal pro Stunde oder einmal alle 15 Minuten. Das Serverprogramm entnimmt dann für eine konkrete Anfrage den für den Anfragezeitpunkt gültigen Wert aus der vorhergesagten Verlaufskurve und gibt diesen als Antwort zurück. Die Vorhersagen in der Datei werden dann regelmäßig (z. B. ebenfalls einmal pro Stunde oder alle 15 Minuten) von einem zweiten Dienst auf Basis der neuesten Messdaten aktualisiert.

Für die Vorhersage der Parkplatzbelegung zu einem zukünftigen Zeitpunkt ist es für den verfolgten Ansatz zunächst notwendig, typische zeitliche Belegungsniveaus für Parkplätze zu ermitteln. Hierbei werden gesammelte Daten über den zeitlichen Verlauf der Parkplatzbelegung als Grundlage verwendet um Definitionen solcher “typischen” Verläufe zu generieren. Zu diesem Zweck sollen in ausreichend Trainingsdaten Gruppen von ähnlichen Belegungen (Cluster) gefunden werden. Zur Lösung des Clustering-Problems gibt es verschiedene mögliche Algorithmen die wiederum verschiedene Parameter zur Steuerung ihres Verhaltens bieten. Da die Wahl des Verfahrens und dessen Parameter durchaus abhängig von der jeweiligen Problemstellung sind, ist es erforderlich, für die Parkplatzbelegung diverse Verfahren vergleichbar anzuwenden und zu parametrisieren um ein optimales (oder zumindest ausreichend gutes) Verfahren zu finden, welches die gestellte Aufgabe löst.

Ein erster Testdatensatz, der von den Partnern zur Verfügung gestellt wurde, beinhaltete Daten über die Belegung einiger Parkplätze an zwei verschiedenen Tagen (Samstag und Donnerstag). In diesem Datensatz gibt es unterschiedliche, manuell zu bestimmten Tageszeiten aufgenommene Zeitverläufe

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	83/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

für mehrere Parkplätze. Mit diesen Daten wurde ein erster Test mit einem k-Means-Clustering-Ansatz durchgeführt, hierbei wurden verschiedene Parameter (Anzahl der Cluster, Lerngeschwindigkeit und minimale Änderungsrate) manuell variiert. Einige Ergebnisse sind exemplarisch in Abbildung 65 dargestellt. Eine Annahme, dass für verschiedene Parkplatzregionen (Industrie, Wohngebiet etc.) typische "erkennbare" Kurvenverläufe in Clustern auftreten sollten, hat sich in diesem relativ kleinen Testdatensatz noch nicht deutlich gezeigt.

Um eine größere Datenmenge sinnvoll auswerten zu können, muss die Entscheidung über die zu verwendenden Methoden und deren Parameter systematischer geprüft und automatisch optimiert werden. Eine manuelle Interpretation der Kurven wie in Abbildung 65 dargestellt, ist für die Optimierung ungeeignet.

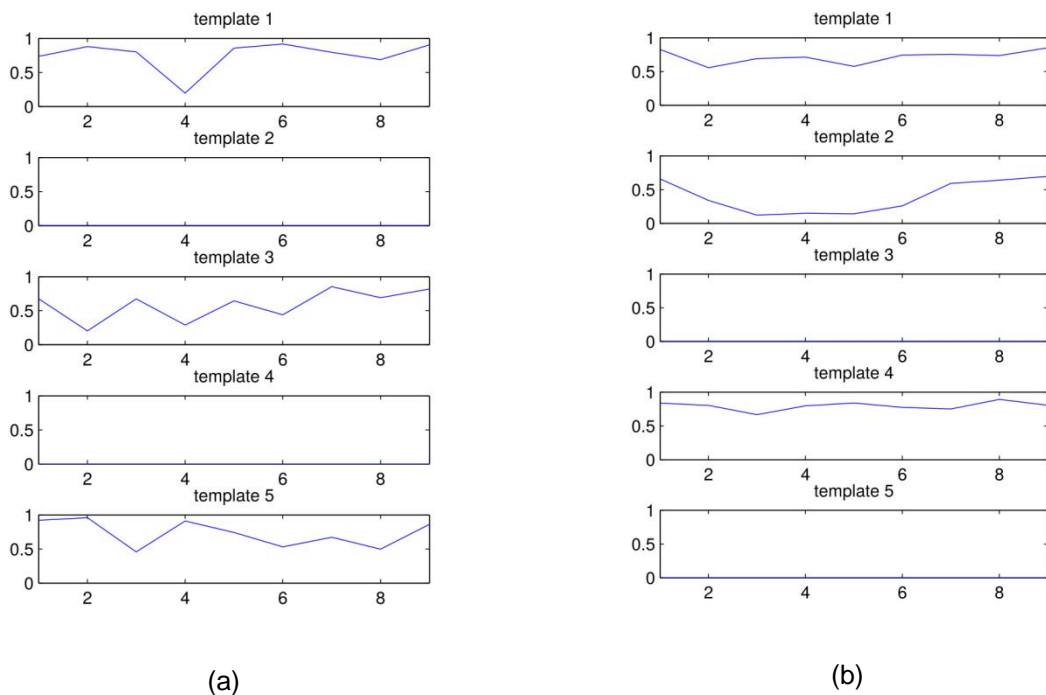


Abbildung 65: Beispielergebnisse manueller k-Means-Clustering-Läufe.

Eine automatische Analyse wurde mittels des am DFKI entwickelten, quelloffenen Machine-Learning-Framework pySPACE umgesetzt. Zuvor wurden in pySPACE hauptsächlich Regressions- und Supervised-learning-Methoden analysiert, daher gab es noch keine Implementierung für die Auswertung von Clustering-Ergebnissen anhand geeigneter Metriken. Daher wurde zunächst das pySPACE-Framework um einen neuen Dataset-Typen erweitert, um die Auswertung von Clustering-Ergebnissen zu ermöglichen. Die Auswertung wurde implementiert einige relevante Metriken implementiert, wie z. B. der sogenannte C-Index. Im weiteren Verlauf wurden noch andere im Clustering-Bereich übliche Metriken zur Bewertung von Ergebnissen unüberwachter Clustering-Methoden implementiert.

Die Daten des bereits implementierten Event-Loggings sollen nun verwendet werden, um während der Datenaufzeichnungsphase des Projektes die Daten für verschiedene Parkplätze zu sammeln. Für die weitere Auswertung in pySPACE werden dann an das Datenformat der ersten Testdaten angelehnte csv-Dateien erstellt, die automatisch als Datensatz verwendet werden können. Hierbei wird jeweils ein Datensatz pro Parkierungsfläche erstellt, diese werden bereits von dem vorhandenen Logger getrennt gespeichert. Es wurde nun ein Programm in der Programmiersprache Python implementiert, welches diese gespeicherten Events in das zur Analyse benötigte Format überführt. Das Ziel ist hier, eine Verlaufskurve der Parkierungsflächenbelegung zu festen Zeitpunkten pro Tag (z. B. alle 15 Minuten von 00 bis 24 Uhr). Hierbei wird auch der jeweilige Wochentag angegeben, um das Clustering später separat pro Wochentag durchzuführen oder in Form von Vorwissen im Clustering-Prozess zu verwenden.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>84/ 95</p>
---	---	--	-------------------

Im Verlauf des vierten Quartals des Jahres 2015 musste die Aufzeichnung der finalen Daten der Parkplatzsensoren in Abstimmung mit den Projektpartnern noch einmal neu geplant werden, da es Verzögerungen bei der Inbetriebnahme und zuverlässiger Datensammlung gab. Der Start der Datenaufzeichnung war ursprünglich für das Frühjahr 2015, dann für Juli geplant und beginnt musste schließlich im größeren Umfang auf 2016 verschoben werden. Somit stand für die Datensammlung und für die folgende Auswertung und Anpassung der Lernverfahren weniger Zeit zur Verfügung. Dies führte auch schließlich zu der Projektverlängerung.

Die Integration sowohl der Clustering-Methoden als auch der Metriken in das Framework pySPACE wurden im dritten Quartal 2015 weitestgehend abgeschlossen, so dass sie für die weitere Analyse zur Verfügung standen. Hierbei wurden alle Clusteringverfahren der Bibliothek scikit in pySPACE durch einen Wrapper integriert.

Die fertiggestellten Methoden wurden zunächst auf die manuell von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt gesammelten Daten angewendet, da die Aufzeichnung der Sensordaten noch nicht stabil funktionierte. In einem Testlauf mit beispielsweise fünf Clustern ergibt sich eine in Abbildung 66 dargestellte Aufteilung. Die Kurven sind Parkbelegungsdaten aufgetragen über der Zeit. Unterschiedliche Farben bedeuten eine automatisch erkannte Zuordnung zu unterschiedlichen Verhaltensgruppen. Wie zu sehen ist, werden die Verhalten der roten, der violetten und der schwarzen Kurve getrennt einzelnen Cluster zugeordnet. Kurven die Verhalten mit ähnlichem Verlauf abbilden (blau, grün) wurden jeweils einem gemeinsamen Cluster zugeordnet.

Das Programm zur Datensammlung wurde nach ersten Tests mit dem VMZ-Testserver, der die Sensordaten zur Verfügung stellt, Ende 2015 auf den finalen Server umgestellt. Auf dem finalen Server wurden anschließend von dem Projektpartner Siemens nach und nach die Sensoren hinzugefügt. Zudem wurde auf dem finalen Server nun eine durch SSL verschlüsselte Verbindung verwendet, sowie eine Nutzerauthentifizierung. Hierdurch wurden noch einige Anpassungen der DFKI Software zum Abruf der Daten notwendig, die noch im vierten Quartal 2015 abgeschlossen werden konnten. Der Datenaufzeichnungsclient lief dann bis Projektende auf den DFKI VMs und zeichnete dort alle Parkevents auf, die vom finalen Datenserver gemeldet wurden.

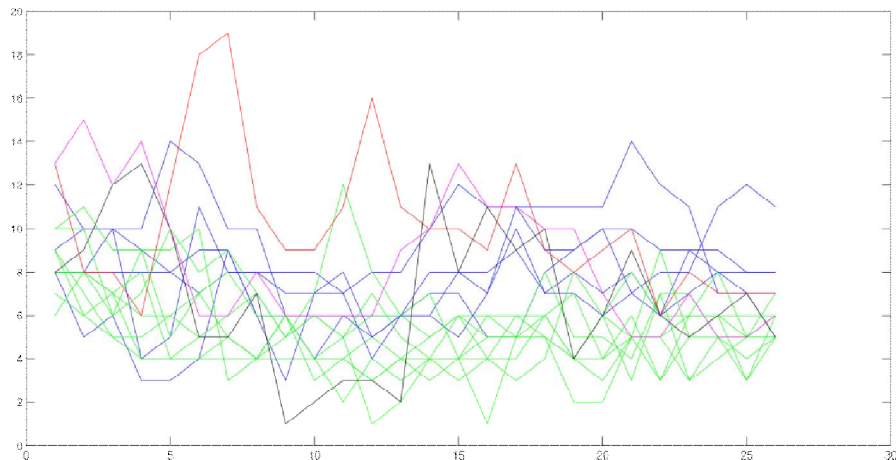


Abbildung 66: Aufteilung von Parkbelegungsdaten in unterschiedliche Klassen/Cluster. Die Kurven stellen jeweils eine gemessene Parkbelegung (Anzahl Parkplätze, Y-Achse im Diagramm) über verschiedene Zeitpunkte eines Tages (26 Messungen, 13 vormittags, 13 nachmittags je Tag, X-Achse) dar. Die Farbe einer Kurve identifiziert die Parkverhaltensklasse (Cluster), der die Kurve von dem Verfahren automatisch zugeordnet wurde (5 Klassen: grün, blau, rot, violett, schwarz). Die zugrundeliegenden Daten wurden von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin an 16 Donnerstagen Ende 2014 und Anfang 2015 gesammelt.

4.5.5 Simulation und Test

Im August und September 2015 hat der Konsortialführer Siemens erste Sensoren im Pilotgebiet installiert. Der erste Sensor deckte zwei Stellplätze an Elektroladesäulen ab und liefert erste verlässliche Daten (Dieser ist in Abbildung 3, die den späteren finalen Aufbau zeigt, mit der Nummer 001 dargestellt). Zudem wurden in dieser Phase bereits die in Abbildung 3 mit der Nummer 207 und 206 dargestellten Sensoren verfügbar gemacht, die mehrere Längs- und Querparkplätze ohne Ladesäulen entlang der Bundesallee erfassen. Bei diesen letzten beiden Sensoren gab es im dritten

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>85/ 95</p>
---	---	--	-------------------

Quartal 2015 jedoch noch technische Probleme. Somit war eine Auswertung im ersten Quartal 2015 noch nicht sinnvoll möglich.

Zu Beginn des Jahres 2016 konnte der Vorhabenspartner Siemens dann den Aufbau der Sensoren weiter vorantreiben, so kamen im ersten Quartal 2016 sechs weitere Sensoren in der Bundesallee hinzu, diese lieferten aber nicht alle von Beginn an Daten. Auch im weiteren Verlauf gab es bei den Daten die am DFKI aufgezeichnet wurden noch weitere Probleme in Hinblick auf Zuverlässigkeit und Beständigkeit. Daher wurden nach und nach geprüft, welche Optionen für Test und Optimierung noch bleiben und welche Alternativen möglich sind. Da Ende März noch keine ausreichenden Daten gesammelt werden konnten und nur noch einem Monat verbleibender Zeit zu Datensammlung erkennbar wurde, dass auch für die Alternativen (Simulation oder Hochrechnung von Parkbelegungsdaten) eine absehbar zu geringe Datengrundlage vorhanden sein würde. Wurde in Absprache mit den Projektpartnern und dem Konsortialführer Siemens daher die Verlängerung des Vorhabens und einer damit verbundenen Verlängerung der Datensammlung als einzig sinnvolle Lösung erkannt und eine diesbezügliche Klärung mit dem Projektträger initiiert.

Eine frühe Auswertung wurde jedoch auf diesen Daten, auch auf Anfrage des Vorhabenspartners Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin durchgeführt. Bei dieser Analyse der von den neuen Sensoren gelieferten Belegungsdaten zeigten sich weitere Fehler und Probleme, die vorher nicht abzusehen waren. So gab es immer wieder Verbindungsabbrüche, kurzzeitige Belegungsschwankungen und Fehler in der Datenaufbereitung. Außerdem war die sich ändernde Sensorkonfiguration (hinzukommende Sensoren, vorhandene, aber nicht sendende Sensoren oder nur kurzzeitig Daten sendende Sensoren) nicht in der ursprünglichen Planung angenommen worden. Daher musste überlegt werden, welche dieser Schwierigkeiten an welcher Stelle vermieden, korrigiert oder toleriert werden können.

Aufgrund dieser Umstände wurde letztendlich die Verlängerung des Vorhabens sowie Lösungsansätze dazu vorbereitet, beantragt und vom Projektträger bewilligt. Statt Simulation oder Extrapolation wurde eine Verlängerung der Datensammlung durchgeführt. Hierzu wurden die Arbeitspakete AP 9.5 und AP 9.6 eingeführt die weiter unten beschrieben werden.

4.5.6 AP 9.5: Implementierung erhöhte Automatisierung/Fehlertoleranz

Im Rahmen des Arbeitspaketes DFKI-9.5 "Implementierung erhöhte Automatisierung/ Fehlertoleranz" wurden drei Probleme bearbeitet:

Das erste Problem sind Verbindungsabbrüche, die immer wieder an unterschiedlichen Stellen aufgetreten sind. In der ersten Phase des Projektes waren Verbindungsabbrüche nicht aufgefallen und auch keine besonderen Maßnahmen zu deren Erkennung und Kompensation geplant. Im weiteren Verlauf zeigten sich dann jedoch mehrfach diese Probleme, die für die Sammlung der eingehenden Pakbelegungsdaten der Radarsensoren und für die folgend auf den Daten durchzuführenden Verfahren zu Schwierigkeiten führten. Im Rahmen des Arbeitspaketes 9.6 wurde daher an der Erkennung dieser Situationen gearbeitet. Mögliche Lösungen wären beispielsweise (1) explizite Tests mit sogenannten „pings“ zwischen Server und Client und/oder (2) implizite Time-Out-Prüfungen. Da die Variante (1) Implementierungsarbeit sowohl auf Server- als auch auf Client-Seite bedeutet, wurde die Lösung (2) mit einer Implementierung von Time-outs (ausschließlich auf der Client-Seite) vorgezogen. Im Falle eines solchen Time-Out (d. h. ein bestimmtes Zeitintervall ohne eingehende Daten) wird die Verbindung zum Server unterbrochen und wieder neu aufgebaut. Dabei wurde auch eine Prüfung des Verbindungsaufbaus mit aufgenommen, um im Falle eines nicht erfolgreichen, d. h. nicht abgeschlossenen Verbindungsaufbaus wieder einen neuen Versuch vom initialen Kommunikationsbeginn an beginnen zu können.

Weiterhin ist die Markierung oder (markierungslose) Detektion der nach einer Verbindungsunterbrechung hereinkommenden Parkbelegungsdaten eine Teilaufgabe des ersten Problems. Eine Möglichkeit wären z. B. laufende Parkereigniszähler, die allerdings auf Seiten des Servers eingerichtet (und auf Seiten des Clients geprüft) werden müssen. Aufgrund der zuvor genannten Motivation wurde darauf verzichtet, sondern stattdessen auf Client-Seite eine Erkennung und Filterung der bei Verbindungsaufbau wiederholt hereinkommenden Ereignisse installiert.

In der finalen Implementierung werden die vom Server vergebenen ID-Felder verwendet, um Mehrfachereignisse herauszufiltern. Allerdings fiel bei den Tests hierzu auf, dass stellenweise vom Server neue IDs für alte, bereits gemeldete Parkplätze vergeben wurden. Dies dürfte insbesondere mit den parallel beim Partner Siemens stattgefundenen Arbeiten zusammenhängen und sollte damit im Regelbetrieb nicht mehr auftreten. Dies muss bei künftigen Projekten/Arbeiten geprüft werden.

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	86/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Ein zweites Problem hängt mit der derzeit noch wechselnden Konfiguration der vorhandenen Sensoren zusammen. Es kommen neue Sensoren hinzu, Sensoren sind installiert, aber liefern noch keine Daten, Sensoren haben kurzzeitig Daten geliefert, werden aber korrigiert etc. Bisher wurde der Sensorsatz als fest angenommen und ggf. die Datensammlung manuell angepasst. Im Betrieb zeigt sich aber eine Dynamik, die selbst im (Langzeit-) Dauerbetrieb nicht auszuschließen ist. Hierfür soll zumindest eine leichtere Konfigurierbarkeit ermöglicht werden und vor allem sollen Störungen der Sammlung anderer Sensordaten vermieden werden.

Die Bearbeitung dieses Problems im Rahmen des Arbeitspaketes führte zu einer Lösung, bei der die Liste installierter bzw. in den Daten vorkommender Sensoren dynamisch aufgebaut wird. Hierdurch wird die Auswertung automatisch an den jeweiligen Sensorsatz angepasst. Im Unterschied zum bisherigen Design wird jetzt allerdings davon ausgegangen, dass es explizit einen Analyse-Lauf am Ende einer aktuellen Datensammlung über den gesamten Datensatz gibt. Damit werden die ansonsten nach Neustarts auftretenden zufällig geänderten Sensorlisten vermieden. Ein zweites Vorteil dieser Vorgehensweise ist die Unterstützung mehrerer paralleler, potentiell auch unterschiedlicher Datensammlungs-Tools. Zum Einsatz kamen bei Projektende ein eigener Prozess zur Datensammlung sowie das Tool "wscat" und beides auf zwei parallel laufenden Systemen. Außerdem gab es ein weiteres Tool beim Partner Siemens. Durch die Post-hoc-Auswertung können jetzt verschiedene Datensammlungsläufe gemeinsam geprüft und vereinigt werden.

Ein drittes Problem sind schließlich kurzzeitige Schwankungen der Sensordaten (direkt aufeinander folgende park-in/park-out-Ereignisse). Diese könnten eventuell durch Siemens korrigiert werden, unter Umständen aber auch erst durch eine Filterung vor der Anwendung der Lernverfahren. Außerdem könnte es auch zukünftig aus anderen Gründen ähnliche Artefakte in den Daten geben. Und schließlich kann es sich (zumindest bei manchen Parkplätzen) um korrekt gemessene, reale Parkverhalten handeln (beispielsweise ein kurzes Ausweichen eines Fahrzeugs auf den Parkplatz, ein kurzer Stau etc.).

Im Laufe dieses Arbeitspaketes wurde von Siemens eine neue Software-Version auf den Sensoren installiert. Hierdurch gab es die Möglichkeit, dass solche Artefakte nicht mehr oder deutlich seltener auftreten. Grundsätzlich wäre auch für zukünftige andere Probleme eine Korrektur dicht am oder im Sensor eventuell eine vorzuziehende Lösung. Daher (und um reale kurze Parkereignisse ggf. auswerten zu können) wurde der Weg einer optional durchzuführenden Filterung auf Client-Seite gewählt.

4.5.7 AP 9.6: Erweiterte Evaluierung einschließlich erster Untersuchung zu kleinen Parkplatzteilgruppen

Während der Verlängerung des Projektes wurden am DFKI hauptsächlich die weiter aufgezeichneten Daten analysiert, zudem wurden, wie im vorigen Abschnitt beschrieben, einige Ansätze zur Bereinigung der Daten getestet. Bei der Auswertung wurde zudem auch die Gruppe der wenigen Parkplätze in der Handjerystraße separat betrachtet.

Für die finalen Analysen wurden die Daten der von der Sensordatenverarbeitung von dem von Siemens installierten Systems gesendeten Belegungs-Events (freiwerdender Parkplatz oder Parkplatz wird belegt) ausgewertet. Hierbei wurden diese wieder auf die aktuelle Menge der freien bzw. belegten Stellflächen aufsummiert. Da die Analyse prinzipiell unabhängig von der tatsächlichen Anzahl der Parkplätze sein sollte, um beispielsweise die Ergebnisse auch auf andere Parkierungsflächen übertragen zu können, wurde die Belegung auf den Wertebereich 0 bis 1 normiert. 1 entspricht den maximal auf der Parkierungsfläche vorhandenen Stellplätzen. Die weitere Vorverarbeitung bzw. Datenfilterung erfolgte dabei wie in den vorigen Abschnitten beschrieben. Ebenfalls wurde eine Parameter-Optimierung für den Clustering Ansatz verwendet wie in Abschnitt 4.5.4 beschrieben. Als Metrik für die automatische Optimierung wurde hier wieder der C-Index verwendet. Zusätzlich wurde für die Optimierung mit jedem Parametersatz für den Algorithmus (z. B. Anzahl der Cluster), der Versuch zehnmal wiederholt, um zu starke Einflüsse aus der zufälligen Initialisierung zu minimieren.

Zur weiteren Auswertung wurde die jeweils am besten bewertete Aufteilung (Clustering) verwendet um potentielle Anfragen zu simulieren. Dabei wurde eine potentielle Anfrage um 12 Uhr Mittags angenommen, somit die ersten 12 Stunden des Tages für die Zuordnung der Kurve zu einem Cluster verwendet und dann der weitere Verlauf für die restlichen 12 Stunden mit dem entsprechenden Prototyp verglichen. In Abbildung 67 sind links zwei Beispielkurven sowie der Cluster Prototyp zu einem der Kurven aufgetragen und im rechten Teil ein Beispiel für den Datensatz aus der

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	87/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Handjerystraße. In Abbildung 67 (a) ist zu sehen, dass ein Beispiel für ein Cluster 1 (grün) zunächst im ersten Bereich (der für die Zuordnung verwendet wurde) relativ gut zu dessen Prototyp (blau) passend scheint, sich dann aber im weiteren Verlauf erheblich unterscheidet. Ein beliebiges anderes Beispiel (lila Kurve) soll hier lediglich zeigen, dass durchaus andere Kurvenverläufe die sich im ersten Teil unterscheiden nicht zu diesem Cluster gezählt wurden. Für den kleineren Datensatz in Teil (b) der selben Abbildung ist ebenfalls ein Beispiel sowie der zugehörige Prototyp dargestellt, auch hier passt die Kurve im Mittel zunächst gut, der Prototyp sinkt aber früher ab.

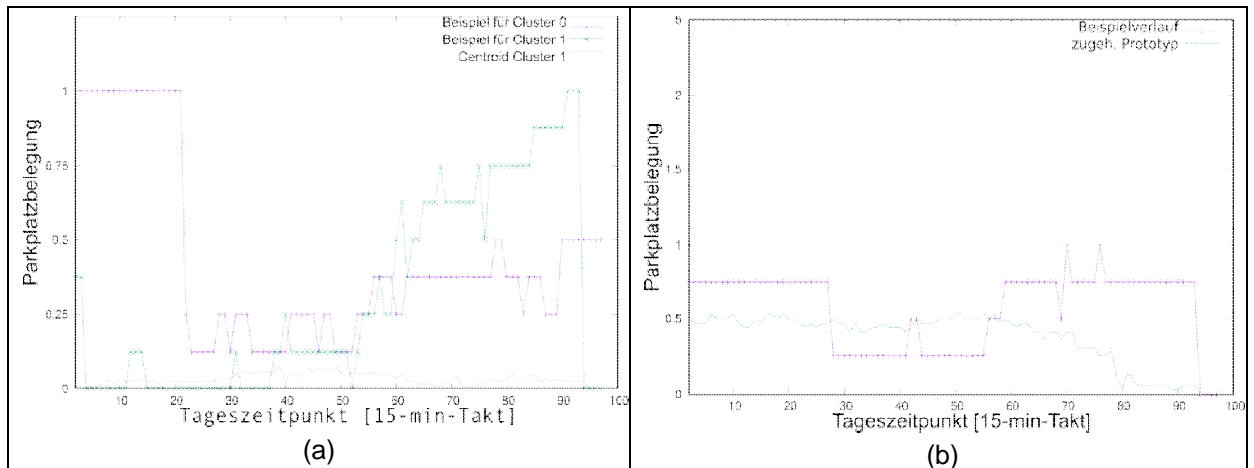


Abbildung 67: Ergebnisse aus dem Testdatensatz. Zuordnung zu einem Prototyp auf Basis der ersten Tageshälfte. Links zwei Beispiele und ein Prototyp aus dem Gesamtdatensatz. Rechts ein Beispiel aus den Daten nur von der Handjerystraße.

Für den kleinen Datensatz war zudem zu erwarten, dass eine Prototypengenerierung hier noch schwieriger sein würde, da die einzelnen Events eine deutlich höhere Gewichtung bekommen. Bei einer größeren Parkierungsfläche mit mehr Stellplätzen wäre zu erwarten, dass sich die Belegung im Mittel für den Bereich typisch verhält. Bei einer sehr kleinen Anzahl an überwachten Stellplätzen wie hier in der Handjerystraße jedoch hat die Entscheidung einer Einzelperson (die von außen betrachtet als quasi zufällig angenommen werden muss) deutlich mehr Einfluss auf den individuellen Verlauf der Belegungskurve. Somit ist die Varianz der Auftretenden Parkevents zwar deutlich größer, aber die Plätze waren öfter vollständig Belegt oder Leer, so dass sich die Kurven häufiger ähnelten. Dies lässt sich auch in Abbildung 68, die die Ergebnisse von dem Gesamtdatensatz und Handjerystraße gegenüberstellt, erkennen. Die Varianz ist hier bei dem gesamten Datensatz größer, der Mittelwert allerdings ist im Vergleich besser. Die geringere Varianz in der Handjerystraße (also dem Datensatz für die kleine Parkfläche) kann hier auch darin begründet liegen, dass der Sensor in der Handjerystraße bereits sehr früh und insgesamt sehr zuverlässig funktioniert hat, so dass hier zum einen mehr und zum anderen mit weniger Artefakten behaftete Daten vorlagen. Außerdem waren die Plätze öfter (da weniger) entweder ganz oder gar nicht belegt, was für Prototypenkurven die eigentlich als nicht gut zu bewerten gewesen wären (z. B. durchgehend 0 oder 1) zu relativ „guten“ Bewertungen geführt hat.

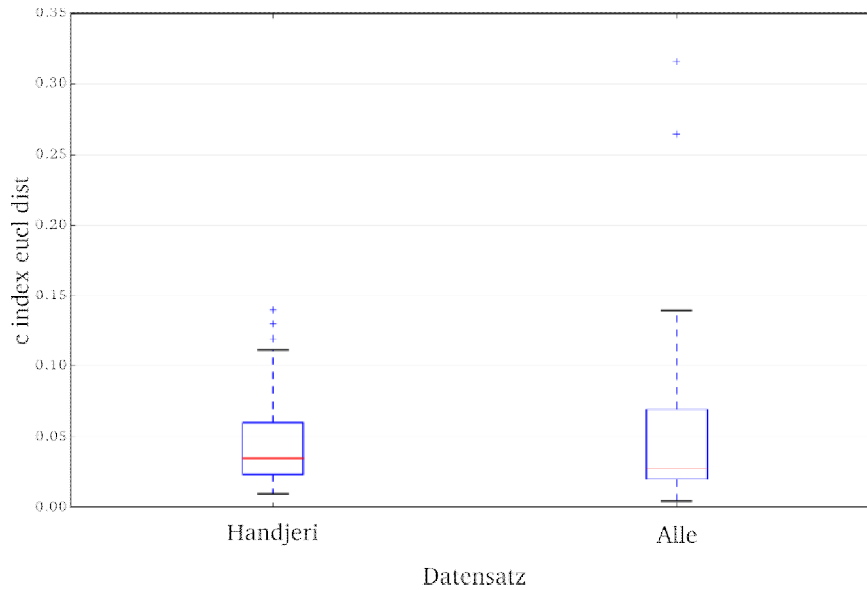


Abbildung 68: Metrik Vergleich mittels C-Index Handjery Datensatz gegenüber Alle. Hierbei wurde gemittelt über alle Parameter und Wiederholungen. Die Box zeigt den Bereich vom 25% bis zum 75% Quantil und die rote Linie den Median.

Insgesamt hat sich auch gezeigt, dass die Prototypen einen relativ unspezifischen oder ungenauen Verlauf gelernt haben, wie in Abbildung 67 zu sehen war. Da die die Verfahren zum Clustering darauf angewiesen sind möglichst viele Ergebnisse zu jedem „typischen“ Verhalten zu bekommen ist hier einer der Gründe, dass letztendlich zu wenige Tage aufgezeichnet wurden. Zudem waren diese Daten auch noch stark Artefakt behaftet, wie in Abbildung 69 zu sehen ist. Die Abbildung stellt den Gesamtverlauf der Kurve dar über den gesamten Aufzeichnungszeitraum. Hier ist zu sehen, dass die Werte für mehrere Tage um verschiedene Zentren schwanken, da nicht immer alle Sensoren funktioniert haben. Somit war die eigentlich tatsächliche Maximalanzahl von möglichen freien / belegten Plätzen zeitweise eine andere, da nicht alle Plätze erfasst wurden. Zudem gab es immer wieder Abbrüche der Datenverbindung und zum Teil bis zu mehreren Tagen andauernde Aussetzer. Zudem gab es noch einige Artefakte die mit den im vorigen Abschnitt erläuterten Filterverfahren nicht erfasst werden konnten, hier wurden einige fehlerhafte Events geloggt, die teilweise sogar die maximal mögliche Anzahl an Plätzen deutlich übersteigen hat (in der Abbildung als vertikale Linien zu erkennen).

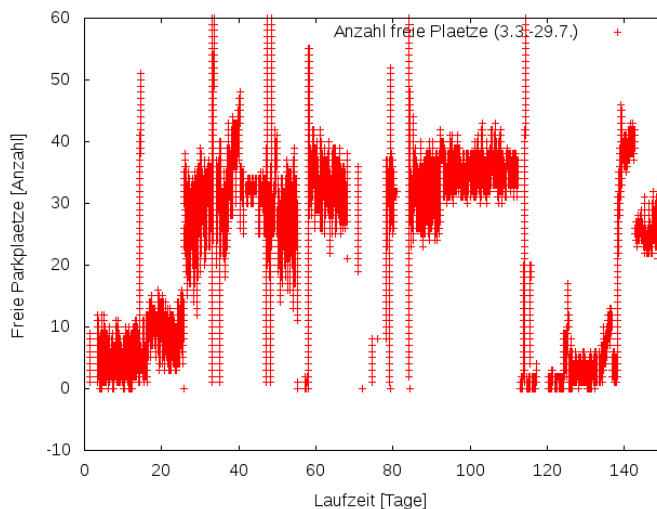


Abbildung 69: Plot aller gesammelten Daten.

<p>Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht</p>	<p>Förderkennzeichen: 16EM2051</p>	<p>Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -</p>	<p>89/ 95</p>
---	---	--	-------------------

Eine mögliche Lösung für dieses Problem wäre neben der Aufzeichnung weiterer Daten, dass in Zukunft auch die tatsächliche Anzahl gerade gemessener Parkplätze mit protokolliert wird. Somit ließe sich der Wert immer korrekt normalisieren und wäre selbst dann noch vergleichbar, wenn nicht alle Sensoren verfügbar sind. Entsprechen könnte auch im späteren Anwendungsfall immer noch eine robustere Vorhersage getroffen werden, auch wenn ein Sensor gerade nicht verfügbar ist.

5 Soll-Ist-Vergleich der Arbeits-, Zeit- und Ausgabenplanung

5.1 Entwicklungen des Gesamtprojekts

Technologisch stand im Fokus die Entwicklung von Hard- und Software inkl. Systemkonzept und – Architektur für zwei Demonstratoren zur Detektion von freien, bzw. belegten Stellplätzen im öffentlichen, bzw. halböffentlichen Raum. Entwickelt wurde ein Radarsensor im 24 GHz-Frequenzbereich und ein System-Backend zur Erfassung, Speicherung, Weiterverarbeitung und Nutzung der vom Radarsensor erfassten Daten. Neben den technischen Entwicklungstätigkeiten wurden ökonomische, rechtliche und verwaltungstechnische Aspekte untersucht und bewertet. Des Weiteren wurde eine technische Evaluation basierend auf den Radarsensordaten und weiteren Datenquellen durchgeführt. Zur Vorhersage freier Stellplätze wurde zudem ein Prognosealgorithmus konzipiert, entwickelt und evaluiert.

Im Ergebnis wurden zwei Demonstratoren während der Projektlaufzeit konzipiert und realisiert:

- I. Ein Demonstratorstandort in der Bundesallee / Handjerystraße in Berlin-Friedenau mit 9 Sensoren und einem Gateway. Zusätzlich wurden zur Datenvalidierung (Verkehrsfluss) zwei so genannte TEUs (Traffic Eye Units – Geschwindigkeitsmesseinrichtung & Verkehrsdichte)
- II. Ein zusätzlicher Demonstratorstandort in der Lindenstraße in Berlin-Kreuzberg vor eine AC- und DC-Schnell-Ladesäule bei der Gewobag mit einem Sensor und einem Gateway zur Datenübermittlung via Mobilfunk.

Das Projekt entwickelte sich im Wesentlichen wie geplant, aber wie bei allen komplexen Projekten mit Partnern aus unterschiedlichen Bereichen (hier: Industrie, öffentliche Verwaltung, Forschungseinrichtungen und –institutionen) mussten diverse Herausforderungen gemeistert werden. Neben verwaltungstechnischen und datenschutzrechtlichen Aspekten war auch die Entwicklung eines Radarsensors, der sicher stehende Objekte, hier Fahrzeuge, detektiert, eine herausfordernde entwicklungstechnische Leistung. Besonders vor dem Hintergrund, dass ein Radarsensor im Allgemeinen nur zur Detektion von sich bewegendenden Objekten wie Flugzeugen oder Schiffen, eingesetzt wird. Das im Fördervorhaben entwickelte Sensorsystem bestehend aus mehreren Baugruppen zur Signalerzeugung, Signalverarbeitung und Kommunikation, konnte, obwohl später als geplant, dann dennoch ausgiebig im Feld getestet werden. Die erfassten Daten wurden dann für weitere Verwendungszwecke den Projektpartnern zur Verfügung gestellt. Hiermit wurden dann Parkbelegungsanalysen durchgeführt und Navigationsinformationen bereitgestellt und Prognosealgorithmen entwickelt.

5.2 Entwicklung der Projektkosten

Die Aufwände im Berichtszeitraum bei Siemens sind etwas höher ausgefallen, als ursprünglich avisiert. Die Differenz zwischen budgetierten und abgerufenen Beträgen resultierte aus höheren Personalkosten während der Entwicklungsphase von Hardware und Software. Reisekosten und sonstigen unmittelbare Vorhabenskosten sind dagegen etwas geringer ausgefallen.

Details zur Gesamtnachkalkulation werden mit dem Verwendungsnachweis bereitgestellt (nicht öffentlich).

5.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Alle entstandenen personellen und budgetären Aufwände des Vorhabens City2.e 2.0 (Realisierungsphase) sind ausschließlich zur Erreichung der formulierten Entwicklungsziele 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.

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	90/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

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 eingehalten werden. Die angefallenen Reisekosten wurden vor allem durch Dienstreisen von und nach München verursacht, da in München die wesentlichen inhaltlichen Arbeiten durch Siemens Corporate Technology und das Systemarchitekten-Team und die Software-Entwickler durchgeführt wurden.
- Materialkosten sind entsprechend der Angebote abgerechnet wurden. Es wurden insgesamt 10 Sensoren und 2 Gateways für die Demonstratoren bei Siemens Corporate Technology gefertigt. Zudem wurden diverse Prototypen von Sensoren und Gateways für Labortests und Zertifizierung gefertigt, die sowohl für funktionale und messtechnische Tests, als auch für die CE-Zertifizierung notwendig waren. (Hinweis: Die CE-Zertifizierung ist für alle Produkte, die in Verkehr gebracht werden, gesetzlich vorgeschrieben.)

6 Zielerreichung

Die gesteckten entwicklungstechnischen Ziele wurden im Wesentlichen¹⁸ erreicht. Während der Projektlaufzeit wurden zusätzliche Ideen entwickelt, für die Projekterweiterungsanträge gestellt und bewilligt wurden. Neben den eigentlichen Demonstratoren (in der Bundesallee und Lindenstraße) mit mehreren Sensoren und Gateways im öffentlichen Raum, wurden auch folgende Ziele erfolgreich erreicht:

- Prototyp zur Integration eines Radarsensors in eine LED-Leuchte von Osram
- Algorithmus zur Verkehrsfluss- und Geschwindigkeitsermittlung von Fahrzeugen
- Erweiterte Systemfunktionalitäten wie PiPo-Modul (Park-in-Park-out), Schnittstelle VMZ / Ladensäulen, Security-Funktionalitäten, Parksensor Simulator & Recorder, Schnittstellen zu und Entwicklung von Web-UIs (User Interfaces – Nutzeroberflächen)
- Erweiterte Sensorauflösung durch neues Antennendesign und -architektur

Die erarbeiteten Ergebnisse können insgesamt als erfolgreich bewertet werden. Die definierten technischen Ziele wurden erreicht, auch wenn nicht jede Idee erfolgreich umgesetzt werden konnte, aber auch der Erkenntnisgewinn zählt ja im Wesentlichen zur Gesamtzielerreichung.

Wie bereits im Vorhabensantrag richtig eingeschätzt, standen die personellen Entwicklungsleistungen bei der Zielerreichung im Vordergrund.

Eine detaillierte Darstellung der erreichten Ziele und Ergebnisse wird im Kapitel 4 gegeben.

7 Relevante Ergebnisse von dritter Seite für das Verbundvorhaben

Seitens der Siemens AG sind für den Berichtszeitraum Ergebnisse Dritter nicht genutzt worden. Die bisher bekannt gewordenen Ergebnisse Dritter sind im Rahmen dieses Verbundprojektes als nicht relevant eingestuft worden.

8 Veränderungen in der Zielsetzung des Verbundvorhabens

Die definierten Gesamtziele (Zielsetzung) der ursprünglichen Vorhabensbeschreibung sind im Kern unverändert, jedoch durch Projekterweiterungsanträge während der Projektlaufzeit ergänzt. Die Erweiterungen haben sich einerseits durch neue Ideen und zusätzliche Zielsetzungen ergeben und aus gewonnenen Erkenntnissen innerhalb der Projektlaufzeit.

¹⁸ Im Wesentlichen heißt hier, dass einige ursprüngliche und während der Projektlaufzeit entwickelten Ideen nicht realisiert werden konnten, wie beispielsweise die Integration der Radarsensoren in LED-Leuchten von Osram. Es wurde allerdings ein Prototyp konzeptioniert und realisiert, bei dem dann technische Gründe zum Platzbedarf und zur Neigungsfähigkeit des Sensors in der Leuchte gegen einen Einsatz sprachen. Dazu kamen dann noch kommerzielle Aspekte, da Berlin Licht, die für die Beleuchtung verantwortliche Firma in Berlin keine Teilausstattung für den definierten Straßenabschnitt in der Bundesallee bewilligt hat. Hier hätte der gesamte Straßenabschnitt mit LED-Leuchten umgerüstet werden müssen, was die budgetären Rahmenbedingungen des Projektes nicht zuließen.

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	91/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Die Anpassungen und Erweiterungen zum ursprünglichen Projektantrag waren zum Einen begründet durch Erkenntnisse aus dem Entwicklungsfortschritt (z. B. höhere Sensorauflösung), die innerhalb des Fördervorhabens auch umgesetzt werden sollten. Zum Anderen führten Interviews und Fachgespräche bei Konferenzen, Messen und Besuchen von Stadtvertretern¹⁹ zu einem hohen Erkenntnisgewinn, der dann in zusätzlichen oder geänderten Features des System-Backends führten.

Die Diskussionsergebnisse, die Themenkomplexe wie Umweltschutzbelange, intelligente Verkehrssteuerung und Parkraummanagement umfassen, belegen die Bestrebungen vieler Ballungsräume, dass ganzheitliche systemische und organisatorische Ansätze erforderlich sind. Die kurz- bis mittelfristige Herausforderung wird sein, teilweise vorhandene Inzellösungen intelligent zu verbinden und die daraus entstehende Komplexität für die verschiedenen Stakeholder handhabbar und komfortabel zu gestalten. Wenn man die Stadt als einen komplexen Organismus versteht mit zahlreichen, bislang meist nicht verbundenen Einzelsystemen, dann steht hier noch ein enormes Potenzial für eine höhere Effizienz bei den Abläufen und Prozessen zur Verfügung. Die Reduzierung von Kosten und Aufwänden kommt einerseits unmittelbar den Städten zu gute und andererseits mittelbar auch den Bewohnern und der Wirtschaft. Das Vorhaben verspricht hier, die Integration in einem Teilbereich der Stadt, dem Verkehr und der Umwelt, einen Schritt voranzubringen.

Zu den ursprünglich definierten Arbeitsinhalten und Zielen aus der Gesamt-Vorhabenbeschreibung City2.e 2.0 (Realisierungsphase), Version 3.0 vom 21.11.2013, sind folgende **Änderungen und Erweiterungen** hinzugekommen (jeweils im Überblick):

I. Projekterweiterungsantrag vom 17.7.2014

- 4) Integration der Sensorik in die Leuchte einer Straßenlampe (Osram) (siehe Kap.)
- 5) Aufbau eines zusätzlichen Demonstrators in München (mit dem integrierten Sensor in einer Straßenleuchte) im Rahmen der EuroCities-Konferenz
- 6) Aufbau eines zusätzlichen Demonstrators im halböffentlichen Straßenraum in Berlin (Kundenparkplatz eines Einkaufsmarkts)
- 7) Integration des Features „Geschwindigkeitsermittlung“ des fließenden Verkehrs als Erweiterung der Sensorfunktionalität
- 8) Erweiterung der Systemfunktionalität durch Implementierung des „PiPo“-Moduls (Park-in Park-out) als Antwort auf die Anforderungen der Städte zur komfortableren Parkraumbewirtschaftung

II. Projekterweiterungsantrag vom 18.5.2015

- 1) Schnittstellenerweiterung Plattform + VMZ / Ladesäulenschnittstelle
- 2) Vorbereitung zur Integration Parkhäuser und Systeme wie ContiPark
- 3) Erweiterte / verbesserte Sensorikintegration (Parking Sensor Simulator / Recorder, Integration RFID-Ausweis)
- 4) Datenschutzimplementierung (Client- und serverseitige Authentisierung)
- 5) Prognose und Learning Modul (Übernahme der DFKI Daten und Bereitstellung als Parkinformation)
- 6) Preismodell entwickeln und implementieren
- 7) Logging and Historical Data
- 8) Enforcement and Parking Restrictions
- 9) Systemmonitoring (Self Diagnostic)

III. Projekterweiterungsantrag vom 18.4.2016 (inkl. Projektlaufzeitverlängerung bis 31.8.2016)

- 1) Aufbau, Koordination und Einmessung Standort Lindenstraße in Berlin-Kreuzberg bei der Gewobag vor einer DC-Ladesäule
- 2) Support bei der Datenanalyse und -evaluation zu den erfassten Sensordaten

¹⁹ Es wurden Interviews und Fachgespräche mit Vertretern folgender Städte geführt: **Berlin, München**, Bratislava, Wien, Graz, Glasgow, Budapest, Faenza, Dubai und Shenzen

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	92/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

9 Fortschreibung des Verwertungsplanes und Ergebnisverwertung

9.1 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.

Die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten und die Anschlussfähigkeit werden nach wie vor als positiv betrachtet, so dass im Anschluss an das Fördervorhaben eine Produktentwicklung durchgeführt wird. Während des Berichtszeitraums wurde ein vorläufiges Geschäftskonzept erstellt, das Marktgrößen und potenzielle Umsätze bewertet hat. Sowohl Marktgrößen als auch potenzielle Umsatzerwartungen lassen auf einen positiven Geschäftsfall schließen.

Die technischen Erfolgsaussichten und wissenschaftlichen Anschlussfähigkeit sehen gleichermaßen positiv aus. Mit der von Siemens Corporate Technology entwickelten Radartechnologie lassen sich u.U. nicht nur Parkplätze sicher detektieren, sondern mittels notwendiger Anpassentwicklungen eventuell auch Überwachungen bei Bahnübergängen. Zumindest gibt es auch hier einige Vorüberlegungen, die in einem anschließenden Konzept weiter betrachtet werden sollen.

9.2 Veröffentlichungen

Im Berichtszeitraum wurden folgende Veröffentlichungen publiziert:

- Tim Tiedemann, Thomas Vögele, DFKI, Artikel in IntVerkehr, Titel: Wissen, wann ein Parkplatz frei wird - Intelligente Parkbelegungsvorhersage für das Parkraummanagement der Zukunft, Juli 2015
- Hetz, J.: Zwick, M.: Sensors upside down - managing parking with a twist. International Transportation (67) 1/2015, pp.44-47, Mai 2015
- Tiedemann, T., Vögele, T., Krell, M. M., Metzen, J. H., & Kirchner, F. (2015, January), Concept of a Data Thread Based Parking Space Occupancy Prediction in a Berlin Pilot Region. In Workshops at the Twenty-Ninth AAAI Conference on Artificial Intelligence
- Siemens AG, Pictures of the Future - Das Magazin für Forschung und Innovation, Lebensqualität in Städten / Parkplatzsuche ade, September 2015

9.3 Angemeldete Schutzrechte und Erfindungen

Folgende Patente wurden angemeldet:

- I. WO16146295 A1 / DE102015204973 (A1) - VERFAHREN UND PARKSYSTEM ZUM UNTERSTUETZTEN ABSTELLEN VON STELLFAHRZEUGEN
Date: 20160922
Inventor(s): HETZ JULIA[DE] ; JELL THOMAS[DE] ; MOGRE PARAG[DE] ; RAPOLD HAUKE THOMAS[DE] ; ZWICK MARCUS[DE],
<http://www.patbase.com/getimg/ipc/fx.asp?id=63602310>
- II. WO16124476 A1 / DE102015201810 (A1) – VERKEHRSUEBER-WACHUNGSSYSTEM ZUR UEBERWACHUNG EINER VERKEHRSFLAECHE
Date: 20160804
Inventor(s): HETZ JULIA[DE] ; JELL THOMAS[DE] ; POPRAWA FLORIAN[DE] ; REUTER UWE[DE] ; WISCHEROPP DIRK[DE] ; ZOEKE DOMINIK[DE] ; ZWICK MARCUS[DE],
<http://www.patbase.com/getimg/ipc/fx.asp?id=63041825>

10 Ausblick

Die Bundesrepublik Deutschland hat sich zu einer Energie- und Verkehrswende bekannt, um die hohen Klimaschutzziele erreichen zu können. Diese Ziele sind nicht durch einzelne punktuelle oder temporäre Maßnahmen erreichbar, sondern nur im Zusammenspiel vieler sich ergänzender Maßnahmen und ineinander greifender Bausteine.

Ein sicherlich entscheidender Baustein zur Erreichung der klimaschutztechnischen Ziele sind intelligente und integrierte Verkehrssysteme, die einerseits Verkehre besser, also aus einer Nachhaltigkeitsperspektive optimaler, steuern und andererseits Verkehre in Summe sogar reduzieren können.

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	93/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------

Das Vorhaben City2.e 2.0 ist dabei ein Baustein für eine nachhaltigere Zukunft. Verschwiegen werden sollte aber nicht, dass heute noch kein letztgültiges 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 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 konsequent weiter gegangen wird, sind die Aussichten für eine nachhaltige und umweltfreundliche Mobilität als sehr positiv zu betrachten!

11 Abkürzungsverzeichnis

Begriff/Abkürzung	Definition
APM	Advanced Parking Management
CT RTC ELE RFT-DE	Eine Abteilung der Siemens Corporate Technology, Research & Technology Center, System Engineering Sustainable Lifecycle Management & Environmental Performance Management in Deutschland
DFKI	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH
IKEM	Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e. V., ein An-Institut der Universität Greifswald
MO TI IMS	Eine Abteilung des Siemens-Bereiches Mobility: Technology & Innovation, Innovative Mobility Solutions
ÖPNV	Öffentlicher Personen-Nahverkehr
Parkplätze	umgangssprachlich, fachlich korrekt heißt es „Stellplätze“
Siemens, Siemens AG oder SAG	Siemens Aktiengesellschaft: Vorsitzender des Aufsichtsrats: Gerhard Cromme; Vorstand: Joe Kaeser, Vorsitzender; Roland Busch, Lisa Davis, Klaus Helmrich, Janina Kugel, Siegfried Russwurm, Ralf P. Thomas; Sitz der Gesellschaft: Berlin und München, Deutschland; Registergericht: Berlin Charlottenburg, HRB 12300, München, HRB 6684; WEEE-Reg.-Nr. DE 23691322
SenStadtUm	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (Berlin)
VMZ Berlin	Verkehrsmanagementzentrale Berlin Betreibergesellschaft mbH

12 Zusammenfassung

12.1 Kurzfassung (DE)

Der Verkehrssektor ist mit rund 20% der zweitgrößte Emittent von CO₂ in Deutschland. Die klimapolitischen Ziele der Bundesregierung, eine Reduktion der CO₂-Emissionen bis 2020 um 40% und bis 2050 um 80% gegenüber 1990, können nur erreicht werden, wenn neben dem beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien auch im Verkehrsbereich die entsprechenden Emissionseinsparungen erzielt werden. Dafür muss zum einen der Straßenverkehr z.B. über intelligente Verkehrssteuerung und ein verbessertes multimodales Verkehrsangebot insgesamt entlastet werden, zum anderen müssen effizientere Antriebe sowie emissionsfreie Energieträger zum Einsatz kommen.

Elektrofahrzeuge eröffnen die Möglichkeit dieser Nutzung neuer Energieträger im Individualverkehr. Eine der Voraussetzungen für eine breite Akzeptanz der Elektromobilität ist die Errichtung von ausreichender Ladeinfrastruktur im öffentlich zugänglichen Raum. Deren aktuelle Verfügbarkeit und Lage in der Stadt muss den Fahrerinnen und Fahrern bekannt sein.

Das Verbundprojektes City2.e (Konzeptphase) hat gezeigt, dass ein Betrieb öffentlicher zugänglicher Ladeinfrastruktur aufgrund des Verhaltens von „Straßenrandparkern“ nur mit hohen Zuschüssen wirtschaftlich betrieben werden kann. Um die Auslastung der Ladestationen zu steigern, darf die

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	94/95
--	---------------------------------------	--	--------------

Parkdauer nicht über den Ladezeitraum hinausgehen. Notwendig ist somit ein erweiterter Ansatz, der vor allem auch Fragestellungen der Koordination und Steuerung des Park- und Ladeverhaltens (Reservieren, Auffinden / Routing und Bezahlen) umfasst. Zudem müssen die zahlreichen beteiligten Einzelakteure (u.a. Industrie, Betreiber, Forschungseinrichtungen, Energieversorger und Städte und Kommunen) mit ihren jeweiligen Lösungsbeiträgen in ein Gesamtsystem stärker eingebunden werden.

Smart Parking Solutions ermöglichen eine nachfragegerechte Nutzung des verfügbaren öffentlichen Parkraums, gleichzeitig unterstützen sie aber auch das schnelle Auffinden eines freien und bei Bedarf eines zum Laden eines Elektro-Pkw geeigneten Parkplatzes. Smart Parking Solutions stellen eine Transparenz über Parkplatzverfügbarkeiten im Kontext des multimodalen Verkehrs her. Im Ergebnis wird Parkplatzsuchverkehr reduziert und die Auslastung von Parkplätzen und Ladesäulen optimiert.

Hauptziel ist die Praxisdemonstration einer intelligenten Parkraumüberwachung und -steuerung, die Parkplätze an Ladesäulen für Elektro-Pkw einschließt. Dies umfasst die Entwicklung eines Erprobungsmusters einer ganzheitlichen Parkplatzdetektion mit anschließender Praxiserprobung sowie die Entwicklung einer Systemarchitektur zur Überwachung und Steuerung der detektierten Plätze. Dabei das straßenseitige Parkraum- und Ladeinfrastrukturangebot im Vordergrund. Die Lösung soll zur Demonstration in die Verkehrsinformationszentrale Berlin aufgenommen werden. Es sollen dabei unterschiedlichste Daten, z.B. von Parkraumsensoren im öffentlichen oder halb-öffentlichen Raum, Informationen über die Belegung von Ladesäulen oder Wetterdaten miteinander verknüpft werden, um den Parksuchverkehr sicher prognostizieren und steuern zu können. Im Vorhaben werden zudem die damit zusammenhängenden rechtlichen und ökonomischen Rahmenbedingungen untersucht.

12.2 Abstract (EN)

The transport sector is the second largest issuer of CO₂ in Germany. The targets of the German Federal Government are to reduce the CO₂-emissions until 2020 by 40 percent and until 2050 by 80 percent in compared to 1990. These targets can only be accomplished by accelerating the buildup of sustainable energy and the parallel reduction of emissions in the transport sector. Therefore, by way of example, the road traffic has to be reduced by a smarter traffic control, respectively a better multi-modal transport service. Furthermore there have to be used more efficient drives and emission-free energy sources.

Electrically powered vehicles open the possibility to use new energy sources within the individual transport. One precondition for a broader acceptance of electro mobility is the establishment of sufficient charging infrastructure within the public places. Furthermore it is necessary that the users of electrically powered vehicles have up to date information of the availability of the charging infrastructure.

As it turned out at the publicly funded joint project City2.e (conceptual phase) that building up and operating public charging infrastructure is not economical due to the behavior of on-street parkers. There is the necessity of high subsidies by public funds. To use a charging station economical the charging period has to be no longer than the parking duration. Essential is therefore an approach to clarify questions about coordination and controlling of parking and charging behaviors (booking, accounting, routing, etc.). Furthermore the many single shareholders (e.g. industry, operators, users, city administrations) have to be considered as part of an overall system to find the appropriate solution approaches.

Smart parking solutions enable an equitable use of the available public parking space and support the fast locating of free charging stations. Smart parking solutions provide a transparency about free parking spaces within the context of multi-modal transport. As a result, road traffic for searching a free parking lot will be reduced and the utilization of the charging infrastructure will be optimized.

Main object is to showcase a demonstrator for intelligent free parking space detection and controlling, especially also for charging stations. This includes the development of a prototypically holistic parking space detector with integration in a suitable system architecture. This includes also a praxis demonstrator in the public space. The solution provides data from free parking spaces, charging stations and weather conditions to the traffic management center (VMZ Berlin) in order to forecast and control road traffic for searching a free parking space. Furthermore there will be analyzed the legal and economical conditions for these complex issues.

Verbundvorhaben City2.e 2.0 (Realisierungsphase) - Abschlussbericht	Förderkennzeichen: 16EM2051	Version: 2.0 vom 23.05.2017 - öffentlich -	95/ 95
--	---------------------------------------	--	-----------