



Mobilitätswerk GmbH



Dresden, 04.2020

Elektromobilitätskonzept für die Stadt Brandenburg an der Havel

Gesamtkonzept



Mobilitätswerk GmbH



Auftraggeber:

Stadt Brandenburg an der Havel
FB VI Stadtplanung
FG 60 Stadtentwicklung
Klosterstraße 14
14770 Brandenburg an der Havel

Ansprechpartner:

Thomas Lenz
FG 60 Stadtentwicklung
+49 (0)3381/586810
thomas.lenz@stadt-brandenburg.de

Auftragnehmer:

Mobilitätswerk GmbH
Eisenstückstraße 5. 01069 Dresden
Amtsgericht Dresden, HRB 36737
<https://www.mobilitaetswerk.de/>

Ansprechpartner:

Mobilitätswerk GmbH
René Pessier
+49 (0) 351/27560669
r.pessier@mobilitaetswerk.de

Inhalt

1	Zielstellung und Vorgehen.....	7
2	Relevanz und Entwicklung der Elektromobilität.....	9
3	Situation in der Stadt Brandenburg an der Havel	13
3.1	Charakterisierung der Region.....	13
3.2	Energie-, klima- und verkehrspolitische Zielstellung.....	16
4	Ladeinfrastrukturkonzept.....	21
4.1	Ermittlung der Anforderungen an Ladeinfrastruktur.....	22
4.1.1	Begriffsklärung	22
4.1.2	Anforderungen.....	27
4.2	Bedarfsprognose für Ladeinfrastruktur	34
4.2.1	Methodik.....	35
4.2.2	Ergebnisse	39
4.3	Akteurseinbindung.....	50
4.4	Stellplatzsatzung	53
5	Elektrifizierung und Optimierung der kommunalen Flotte - Zusammenfassung ..	55
5.1	Auswertung der aktuellen Nutzung des Fuhrparks	55
5.2	Elektrifizierungspotenzial ohne Fahrten nach Berlin und Potsdam.....	56
5.3	Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen	57
5.4	Auslagerung von Fahrzeugen auf ein externes Carsharing-System	57
6	Elektromobilität im Wirtschaftsverkehr	61
6.1	Einführung Wirtschaftsverkehr	61
6.2	Innovative Konzepte für KEP-Dienste	62
6.2.1	Belieferung des Einzelhandels	62
6.2.2	Arbeitgeberbelieferung.....	62
6.2.3	Paketstationen	62
6.2.4	City-Hub-Konzept (Unterverteilzentrum)	63
6.2.5	Mini-Hub & Radlogistik.....	64
6.2.6	Akteursbeteiligung.....	64

7	Elektromobilität im Tourismus	68
7.1	Wassertourismus in der Stadt Brandenburg an der Havel.....	68
7.2	Elektromobilität in der Schifffahrt.....	70
8	Elektromobilität im ÖPNV.....	73
8.1	Grundlagen der Elektrifizierung	73
8.1.1	Elektrifizierungsgrade.....	74
8.1.2	Ladeinfrastruktur/ Ladetechnik.....	75
8.1.3	Hinweise zur Ladeinfrastruktur	75
8.2	Projektspezifika für Brandenburg an der Havel (VBBR).....	76
8.3	Ergebnis und Rolle der Elektromobilität bei den VBBR.....	77
9	Exkurs: Autonome Mobilität.....	79
9.1	Stufen des autonomen Fahrens	79
9.2	Autonome Shuttlebusse als Teil des ÖPNV	81
9.2.1	Best-Practice-Beispiele.....	81
9.3	Potentiale und Herausforderungen.....	85
9.3.1	Verkehrsaufkommen und Infrastruktur.....	85
9.3.2	Gesellschaftliche Auswirkungen	87
9.3.3	Rechtliche Herausforderungen	88
10	Exkurs: Elektrofahrräder als umweltfreundliche Alternative zum privaten PKW ..	89
11	Maßnahmenkatalog und Priorisierung.....	94
11.1	Übersicht und Priorisierung der Maßnahmen	95
11.2	Detailbeschreibung.....	96
11.2.1	Information und Kommunikation.....	96
11.2.2	Ladeinfrastruktur.....	96
11.2.3	Fuhrpark.....	97
11.2.4	Wirtschaftsverkehr.....	98
11.2.5	Tourismus	98
11.2.6	ÖPNV.....	99
12	Literaturverzeichnis	100

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Treibhausgasentwicklung – CO ₂ im Verkehrssektor: aktuelle Entwicklungen im Bezug zum Basisjahr 1990	9
Abbildung 2: Anzahl Neuzulassungen BEV und PHEV (KBA, eigene Zusammenstellung).....	10
Abbildung 3: Marktanteil von EV in europäischen Ländern 2018 in Prozent.....	12
Abbildung 4: Ladeinfrastruktur und deren Erreichbarkeit in der Stadt Brandenburg an der Havel	15
Abbildung 5: Übersicht über bestehende Planwerke, Strategien und Konzepte	17
Abbildung 6: Definitionen	23
Abbildung 7: Ladestandards/Steckertypen	24
Abbildung 8: Kategorisierung LIS	25
Abbildung 9: Lademöglichkeiten im natürlichen Bewegungsprofil einer Person, werktags	28
Abbildung 10: Attraktivität von Ladeinfrastruktur als Kerngeschäft	31
Abbildung 11: Funktionsweise des Standortmodelles für Ladeinfrastruktur GISeLIS.....	35
Abbildung 12: Markthochlauf von E-Pkw in Deutschland im Teilszenario A (Pro-Szenario) und B (Contra-Szenario).....	36
Abbildung 13: Anteil der E-Pkw am Pkw-Bestand in Deutschland.....	38
Abbildung 14: Prognostizierte Anzahl der privat und gewerblich zugelassenen E-PKW in Brandenburg an der Havel (unterschieden nach Antriebsart im erwarteten Szenario) sowie der Anteil der E-PKW am gesamten PKW-Bestand in % (für jedes Szenario).....	40
Abbildung 15: Anteil Wohnungen in Ein- oder Zweifamilienhäusern in der Stadt Brandenburg an der Havel.....	43
Abbildung 16: Prognostizierte Ladevorgänge im Zeitverlauf differenziert nach Ladeart.....	45
Abbildung 17: Übersicht der prognostizierten Bedarfsräume für Ladeinfrastruktur (ohne Berücksichtigung der vorhandenen oder geplanten Ladestationen in Brandenburg an der Havel)	47
Abbildung 18: Prognostizierte Ladevorgänge auf Stadtteilebene der Stadt Brandenburg an der Havel.....	49
Abbildung 19: Standortanalyse mit Stadtverwaltung als Ankernutzer	59
Abbildung 20: Die fünf Stufen des autonomen Fahrens	80
Abbildung 21: Potenzielle Entwicklungen hin zu autonomem Fahren.....	81
Abbildung 22: Absatz von Elektrofahrrädern in Deutschland von 2009 bis 2017 (ZIV 2018).....	89

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht mobilitätsrelevanter Zielstellungen	19
Tabelle 2: Nutzergruppen für Ladeinfrastruktur.....	26
Tabelle 3: Anzahl notwendiger Ladevorgänge zur Bedarfsdeckung	27
Tabelle 4: Entwicklung des Markthochlaufes von E-Pkw anhand Neuzulassungen- und Bestandszahlen	41
Tabelle 5: Prognose der erwarteten Ladevorgänge pro Tag.....	46
Tabelle 6: Anzahl der prognostizierten Ladevorgänge in der Stadt Brandenburg an der Havel auf Stadtteilebene	48
Tabelle 7: Ladekonzept innerhalb von Anwohnerparkzonen	52
Tabelle 8: Beispiele für umgesetzte Stellplatzregelungen in Deutschland.....	54
Tabelle 9: Klosterstraße – Elektrifizierungspotenzial mit einfacher Disposition – 3,7 kW.....	56
Tabelle 10: Empfehlung für die Beschaffung (konservativ)	56
Tabelle 11: Empfehlung für die Beschaffung (konservativ) – exklusive Fahrten von/nach Berlin bzw. Potsdam.....	56
Tabelle 12: Ausstattung der Schiffs- und Bootsanleger in Brandenburg an der Havel mit Stromanschlüssen.....	70
Tabelle 13: Elektrifizierung im ÖPNV: Ausgewählte Projekte und Erfahrungen	73
Tabelle 14: Annahmen für die Berechnung des Elektrifizierungspotentials	76
Tabelle 15: Beispiele für bestehende und aktuell laufende Projekte zum autonomen Fahren... 	82
Tabelle 16: Arten von Elektrofahrrädern im Vergleich	90
Tabelle 17: Übersicht und Priorisierung der Maßnahmen für die Stadt Brandenburg an der Havel	95

Abkürzungsverzeichnis

AC	Alternating Current (Wechselstrom)
ADFC	Allgemeine Deutsche Fahrrad-Club e. V.
AG	Arbeitgeber
AM	Führerscheinklasse für leichte Kraftfahrzeuge
B+R	Bike and Ride (Radabstellanlagen zum Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel)
BauModG	Baurechtsmodernisierungsgesetz
BEV	Battery Electric Vehicle (batterieelektrisches Fahrzeug)
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
CCS	Combined Charging System (europäischer Schnellladestandard)
CHAdeMO	Charge de Move (japanischer Schnellladestandard)
CNG	Compressed Natural Gas (Erdgas)
CO₂	Kohlenstoffdioxid
DC	Direct Current (Gleichstrom)
E-	Elektro-
ebd.	ebenda
EmoG	Elektromobilitätsgesetz
EU	Europäische Union
EV	Electric Vehicle (Elektrofahrzeug)
GG	Grundgesetz
ISO	Internationale Organisation für Normung
IT	Informationstechnik
KBA	Kraftfahrtbundesamt
Kfz	Kraftfahrzeug
km	Kilometer
km²	Quadratkilometer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
LIS	Ladeinfrastruktur
LPG	Liquefied Petroleum Gas (Autogas)
LSV	Ladesäulenverordnung

LV	Ladevorgang
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MTB	Mountainbike
MWh	Megawattstunde
NO_x	Stickoxid
NVP	Nahverkehrsplan
OCPP	Open Charge Point Protocol
OEM	Original Equipment Manufacturer (Automobilhersteller)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖPV	Öffentlicher Personenverkehr
P+R	Park and Ride (Pendlerparkplatz zum Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel)
Pedelec	Pedal Electric Cycle
PHEV	Plug-in-Hybrid
PKW	Personenkraftwagen
POI	Point of Interest
POS	Point of Sale
PV	Photovoltaik
RFID	Radio-Frequency Identification
SoC	State of charge (Ladestand der Batterie)
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
ZIV	Zweirad-Industrie-Verband
ZM	Zweckverband SPNV Münsterland

1 Zielstellung und Vorgehen

Die Stadt Brandenburg an der Havel reagiert auf die Herausforderungen des Klimawandels und strebt eine Minderung der CO₂-Emissionen im gesamten Verkehrssektor an. Zwar hat die Stadt keine Überschreitung von Grenzwerten zu verzeichnen, jedoch tragen nachhaltige Mobilitätslösungen und damit verbunden die Minderung der Schadstoff- und Lärmemissionen zu einer hohen Lebens- und Aufenthaltsqualität bei, was sich positiv auf die Stadtentwicklung auswirkt.

Klimaschutz und die Gestaltung der Energiewende vor Ort haben eine hohe Priorität in der Stadt Brandenburg an der Havel. Die Stadt sieht sich mit vielfältigen Wünschen der Bürgerinnen und Bürger und neuen Fragestellungen bezüglich der Mobilität und insbesondere der Elektromobilität konfrontiert. Hier werden die Aussagen des integrierten Klimaschutzkonzeptes konkretisiert. Sie dienen als Grundlage für konkrete Investitionsentscheidungen im Handlungsfeld der Elektromobilität.

Die Stadt hat sich zum Ziel gesetzt, Elektromobilität unter Einbindung der lokalen verantwortlichen Akteure gezielt voranzutreiben. Das vorliegende Elektromobilitätskonzept (EMK) verfolgt mit den nachfolgenden zentralen Zielstellungen einen klaren Auftrag:

- Entwicklung von Maßnahmen zur Minderung der CO₂-Emissionen im gesamten Verkehrssektor
- Ausbaukonzept für Ladeinfrastruktur im zeitlichen Horizont und für verschiedene Zielgruppen sowie Ermittlung der damit verbundenen Auswirkungen auf das Stromnetz und der notwendigen Anpassungsmaßnahmen
- Entwicklung von Strategien zur Einführung von E-Mobilitätsinfrastruktur im Tourismus
- Untersuchung der Elektrifizierungspotentiale im ÖPNV und damit verbundene Handlungsanweisungen für eine mögliche Umstellung der Antriebe sowie Hinweise zur Entwicklung der autonomen Mobilität im ÖPNV
- Einsatzpotentiale für E-Mobilität im Wirtschaftsverkehr ermitteln

Im Rahmen der Konzepterstellung erfolgte eine Bestandsaufnahme der öffentlichen und halböffentlichen Ladeinfrastruktur in der Region sowie der aktuellen Anzahl von E-Pkw und Elektrofahrzeugen. Hinsichtlich des Ladebedarfes von E-Pkw wurde mittels des GIS-basierten Prognosemodells „GISeLIS“ eine Prognose des kurz- und mittelfristigen Bedarfes in den nächsten 5 bis 10 Jahren durchgeführt und Bedarfsräume für den gezielten Ausbau der LIS identifiziert. Sie werden im Kapitel 4.2 konkretisiert. Bereits vorab abgestimmte Ausbaupläne der StWB werden berücksichtigt. Zentrales Ergebnis ist, dass zukünftiger Ladebedarf vermehrt im halböffentlichen und privaten Raum gedeckt werden muss. Da der öffentliche Raum limitiert ist, wurde die Sensibilisierung und Beteiligung weiterer potentieller LIS-Betreiber und Flächeneigentümer, wie bspw. die Wohnungsunternehmen, vorgenommen.

Die Nutzung der Fahrzeuge des Verwaltungsfuhrparks wurde unter Einbeziehung der Fuhrparkleitung der Stadt mittels des Tools eOptiFlott analysiert. Zusätzlich wurde eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt. Zentrale Erkenntnis der Analyse ist, dass bereits jetzt mit verfügbaren Fahrzeugmodellen ein großer Teil der Fahrzeugflotte elektrifizierbar ist. Aufbauend auf den Ergebnissen konnten Handlungsoptionen für eine Optimierung und Elektrifizierung des Fuhrparks abgeleitet werden. Darüber hinaus prüft die Stadt aktuell die Auslagerung von einigen Fuhrparkfahrzeugen auf ein externes Carsharing-System.

Gemeinsam mit den Verkehrsbetrieben Brandenburg an der Havel GmbH (VBBr) wurden Möglichkeiten zur Elektrifizierung des ÖPNV diskutiert. Dafür wurde eine Analyse der Linienumläufe durchgeführt und Szenarien zur Elektrifizierung thematisiert. Im Ergebnis steht aktuell kein öko-

nomisch und ökologisch sinnvolles Szenario zur vollständigen oder teilweisen Elektrifizierung der Busflotte. Aber es konnten andere Ansatzpunkte zur Förderung des ÖPNV identifiziert werden.

Um auf die Stadt Brandenburg an der Havel abgestimmte Handlungsmöglichkeiten für die Reduktion des innerstädtischen Lieferverkehrs und damit verbunden die Emissionsreduktion zu ermitteln, wurden Gespräche mit Vertretern der Paketlogistik durchgeführt und erste Ansätze ermittelt. Sowohl Maßnahmen zur Elektrifizierung der Fahrzeuge als auch die Nutzung von Lastenfahrrädern und der Aufbau von Paketstationen wird zumindest von einzelnen Akteuren als realisierbar erachtet. Die Ansätze sollten im Rahmen einer weiterführenden Betrachtung vertieft werden.

Bei der Ermittlung von Handlungsoptionen zur Förderung der Elektromobilität im Tourismus lag der Fokus auf der (Binnen-)Schifffahrt und dem Wassertourismus. Beides zeichnet die touristische Attraktivität der Stadt aus. Zentrale Erkenntnis ist, dass sowohl eine Elektrifizierung auf dem Wasser, wie auch am Wasser für den Nutzer eine Rolle spielen wird. Daher wird der Stromversorgung an den Bootsliegeplätzen eine zunehmende Bedeutung zukommen. Aufbauend auf bestehenden Lösungen wurden geeignete Einsatzszenarien und Handlungsmöglichkeiten für die Stadt Brandenburg an der Havel ermittelt.

Ziel der partizipativen Konzepterstellung war es, für das Thema Elektromobilität zu sensibilisieren, Informationen zu geben sowie Wünsche und Anforderungen aus der Stadt aufzunehmen. Durch die Integration von Workshops und Arbeitstreffen in den konzeptionellen Prozess der Strategieerarbeitung war es möglich, ähnliche Zielstellungen und Interessen zu vereinen, Wirkungszusammenhänge zu verdeutlichen und die Zusammenarbeit der Akteure anzuregen. Die Ergebnisse aus den Workshops flossen in die Konzepterstellung ein, in den entsprechenden Kapiteln wird darauf Bezug genommen.

2 Relevanz und Entwicklung der Elektromobilität

Zur effizienten Einrichtung von Ladeinfrastruktur sowie der Förderung von Elektromobilität insgesamt ist ein Verständnis des aktuellen Standes notwendig. Daher wird im Folgenden ein Überblick über den Status Quo gegeben.

Relevanz des Elektroantriebs und Fahrzeugabsatz

Die Klimaschutzziele Deutschlands sehen eine Treibhausgas-Emissionsenkung von mindestens 40 % bis 2020, mit Bezug auf das Basisjahr 1990, vor¹. Dieses Ziel wird jedoch nicht erreicht werden können. Der Ausstoß lag 2017 bei 170,6 Mio. t CO₂. Im Vergleich zum Basisjahr 1990 (163 Mio. t pro Jahr) entspricht dies einer Steigerung von 4,67 % (vgl. Abbildung 1). Damit hat der Verkehrssektor bisher keine Einsparungen beigesteuert, obwohl in den Jahren von 2000 bis 2010 die Emissionen der Fahrzeuge reduziert werden konnten. Dies ist u. a. auf die Einsparungen durch neue effizientere Motoren und weitere Verbesserungen der Automobiltechnologie zurückzuführen. Die Steigerungen seit 2010 sind auf höhere Fahrleistungen und stärkere Motorisierungen zurückzuführen.

Die weiteren Minderungsziele des Klimaschutzplanes von mindestens 55 % bis zum Jahr 2030 und 70 % bis 2040 bestehen trotzdem unverändert fort². Bis zum Jahr 2050 soll Deutschland weitgehend treibhausgasneutral sein³. Der Verkehrssektor mit einem Anteil von rund 18 % der aktuellen Treibhausgasemissionen muss dazu zwingend einen Beitrag leisten.

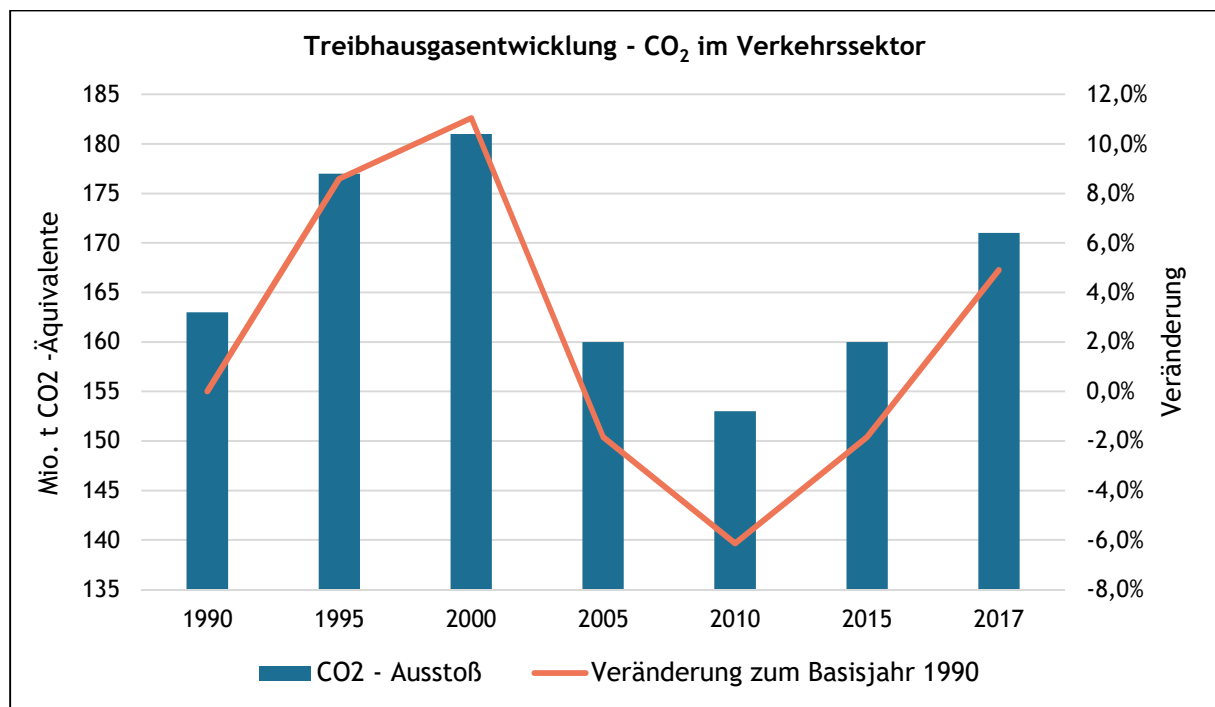


Abbildung 1: Treibhausgasentwicklung – CO₂ im Verkehrssektor: aktuelle Entwicklungen im Bezug zum Basisjahr 1990⁴

1 Vgl. BMU KSG Referentenentwurf 2019

2 Vgl. ebd

3 Vgl. ebd

4 Vgl. ebd

Emissionseinsparungen im Verkehrssektor können nur durch tiefgreifende Eingriffe erreicht werden. Neben der Verkehrsvermeidung, -verlagerung und -optimierung sowie ökonomischen Maßnahmen, stellt Elektromobilität eine wirksame Maßnahme dar.

Höhere Neuzulassungen rein batterieelektrisch betriebener Fahrzeuge (Battery Electric Vehicle - BEV) mit etwas über 2.000 Stück erfolgten erstmals im Jahr 2011. Mitte 2013 erschienen neue Fahrzeugmodelle, wie der Tesla Model S und der Renault Zoe (1. Generation), die zu einem Anstieg der BEV-Neuzulassungen führten. Das Niveau blieb weiterhin gering (2013: 6.051 Stück) bzgl. der Gesamtneuzulassungen von fast 3 Millionen PKW pro Jahr. Die Anzahl von batterieelektrisch betriebenen Fahrzeugen steigt seitdem fast kontinuierlich (vgl. Abbildung 2). Lediglich im Jahr 2016 war ein geringfügiger Rückgang zu verzeichnen, was auf neu angekündigte Modelle für das Jahr 2017 zurückzuführen ist. Die Zulassungszahlen von Plug-In-Hybriden (PHEV) wurden erst später gesondert erfasst. Sie steigen seit 2012 jedoch ebenfalls kontinuierlich an und überschritten 2016 erstmals die Zahl der neu zugelassenen BEV.

Schon im Jahr 2018 ist zu erkennen, dass sich das Verhältnis in Zukunft zugunsten der BEV verschieben wird. Der bisher hohe Anteil von PHEV ist hauptsächlich auf die Flottenverbrauchsermittlungen zurückzuführen. Für die Fahrzeughersteller ist das Angebot dieser Fahrzeuge attraktiv, da aufgrund idealtypisch ermittelter Verbrauchswerte geringe Flottenverbrauchswerte anfallen. Aufgrund erheblicher Unterschieden zum Realverbrauch werden sich dort Änderungen ergeben müssen. Dies wird voraussichtlich zu einer Reduktion der PHEV Zulassungsanteile führen.

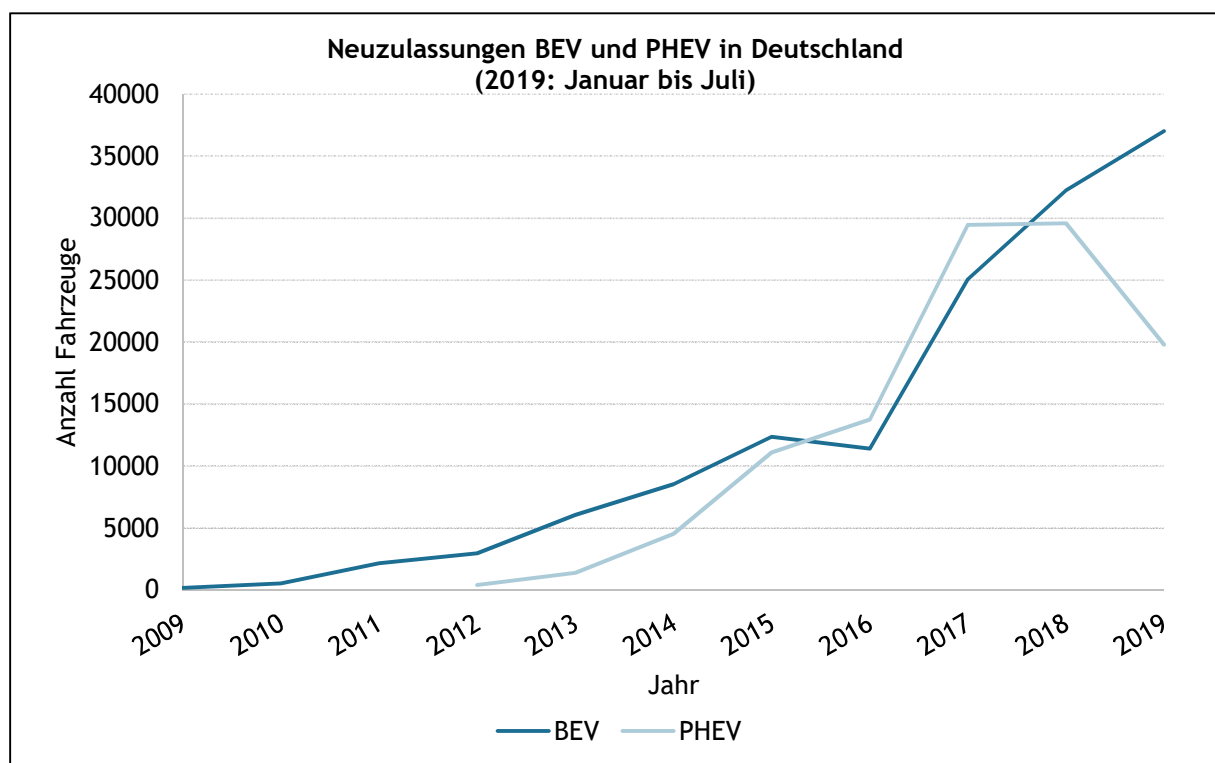


Abbildung 2: Anzahl Neuzulassungen BEV und PHEV (KBA, eigene Zusammenstellung)

Von Januar bis Juli 2019 wurden in Deutschland 37 022 BEV und 19 795 PHEV neu zugelassen (vgl. Abbildung 2). Damit ist der Vorjahreswert bereits im Juli überschritten. Dies entspricht einem Anteil von 1,7 % bzw. 0,9 % an allen PKW-Neuzulassungen. Gegenüber demselben Vorjahreszeitraum hat sich damit insbesondere die Neuzulassungsquote batterieelektrischer Fahrzeuge (BEV) um 87,4 % erhöht.

Praxistauglichkeit von E-PKW

In der öffentlichen Diskussion werden E-PKW teilweise als noch nicht praxistauglich und für die Nutzungsbedürfnisse vieler PKW-Besitzer als nicht geeignet eingeordnet. Dies basiert auf den Gewohnheiten und Erfahrungen mit konventionellen Fahrzeugen. Die über ein Jahrhundert gewachsene Infrastruktur mit konventionellen Fahrzeugen und zugehörigen Unternehmen muss im Elektromobilitätsbereich erst aufgebaut werden. E-PKW sind aktuell praxistauglich und können die Anforderungen an Mobilität erfüllen. Geänderte Abläufe, wie das Laden beim Parken und nicht zwingend an Tankstellen, erfordern eine längere Umstellung. Es muss eine Attraktivität geschaffen werden, zu der neben Nachhaltigkeitsargumenten insbesondere attraktive Konditionen gehören. Der Fahrzeugpreis und die Vorteile der E-PKW, auch durch regulatorische Eingriffe, müssen denen von Verbrennern überlegen sein. Fehlt dieser Anreiz für die Automobilindustrie, können keine deutlich größeren Mengen abgesetzt werden. Damit kann keine Massenproduktion erfolgen, um, unabhängig von regulierten Rahmenbedingungen, die notwendige preisliche Attraktivität zu setzen.

E-PKW sind oft Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren überlegen. Dafür spricht eine deutlich höhere Effizienz und Leistungsentfaltung und geringere Komplexität des Motors mit weniger Bauteilen. Aufgrund des steigenden Drucks bzgl. der Emissionen im Verkehr müssen Lösungen gefunden werden, um diese zu reduzieren. Dabei bieten Elektromotoren immer die Möglichkeit, lokal emissionsfrei zu fahren, unabhängig von einer ökologischen Stromerzeugung.

Für Automobilhersteller birgt die Inaktivität im Bereich alternativer Antriebstechnologien hohe Risiken. Modell- und Produktionsplanung sowie Akkubestellungen sind langfristige Prozesse, die einen Vorlauf von 2 bis 5 Jahren erfordern. Massenhersteller, die nicht rechtzeitig eine Umstellung in der Produktion vornehmen, werden auf regulatorisch beschränkten Märkten kaum noch Fahrzeuge absetzen können. Durch die Einführung der E-PKW-Quote in China, Steuererleichterungen in Norwegen und Kaufprämien in mehreren Ländern, sind erste Rahmenbedingungen gesetzt. Zudem planen fast alle Länder niedrigere Flottenverbräuche, wozu E-PKW beitragen können. Einige Länder diskutieren über das Verbot von Verbrennungsmotoren bzw. die freiwillige Selbstverpflichtung der Industrie. Daher werden, wie am Markt sichtbar, die Produktionskapazitäten bzw. -planungen deutlich erhöht. Es wird erwartet, dass E-PKW zwischen dem Jahr 2030 und 2040 die deutliche Mehrheit der Neuzulassungen ausmachen werden. Namhafte Hersteller, wie bspw. der VW-Konzern bekennen sich zur Elektromobilität und kündigen an, die Produktion von PKW mit Verbrennungsmotoren langfristig einzustellen.

Elektromobilität wird für enorme Änderungen bzgl. der Anbieterstrukturen sorgen. Neue Anbieter, Angebote und Wertschöpfungsansätze werden sich entwickeln. Die Elektromobilität fungiert daher als Treiber und Vorbote für digitale Vernetzung, auch im Hinblick auf das autonome Fahren.

Neben der Speichertechnologie Batterie wird aktuell durch erhebliche Forschungen und Investitionen die Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnik vorangetrieben. Aufgrund der hohen Kosten, insbesondere für die erforderliche Tank-Infrastruktur und durch den im Vergleich zum Elektromotor geringen Wirkungsgrad⁵, scheint die Durchsetzung vorerst in geschlossenen Kreisläufen und bspw. für Spezialfahrzeuge mit hohem Energieverbrauch wahrscheinlich.

Der Massenmarkt wird daher, wenn überhaupt, erst in 10 Jahren adressiert werden können. Aufgrund der aktuell schon angekündigten, vorhandenen und zu erwartenden Produktionskapa-

⁵ Der Wirkungsgrad von Brennstoffzellenfahrzeugen beträgt etwa 50 % und unterscheidet sich damit geringfügig von dem der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren mit 25–30 % (Ottomotor) bzw. 35–45 % (Dieselmotor). Elektromotoren haben einen Wirkungsgrad von ca. 90 %.

zitäten für Batterien sowie den hohen Forschungsausgaben, ist damit zu rechnen, dass die Batterie als Speicher in den nächsten 10 bis 15 Jahren deutlich relevanter sein wird. Wenn batterieelektrische Fahrzeuge als Alternative zu Verbrennern schon im Markt etabliert sind, stellen sich für Brennstoffzellenfahrzeuge und deren Infrastruktur die gleichen Herausforderungen hinsichtlich der Marktdurchdringung wie aktuell bei batterieelektrischen Fahrzeugen. Zudem müssen dann wiederum Vorteile gegenüber batterieelektrischen Fahrzeugen vorliegen. Anwendungsbereiche wird es für beide Technologien geben. Elektromobilität, respektive batterieelektrische Fahrzeuge, werden auf lange Sicht (20 bis 30 Jahre) den größten Anteil am Kraftfahrzeugmarkt einnehmen.

Der Durchbruch im Sinne des von der Bundesregierung herausgegeben 1 Millionen Ziels an zugelassenen Elektrofahrzeugen in Deutschland bis zum Jahr 2020 wird voraussichtlich erst 2022 bis 2023 erreicht werden⁶. Voraussetzung dafür ist eine bessere Verfügbarkeit hinsichtlich geringer Lieferzeiten, attraktivere Endkundenpreise und attraktive Rahmenbedingungen (Förderung, Bevorzugung, Ladeinfrastruktur etc.).

Deutschland lag 2018 mit einem Anteil von ca. 2 % E-PKW an allen PKW-Neuzulassungen im Vergleich mit den führenden europäischen E-PKW-Nationen weit zurück (vgl. Abbildung 3). Die Position entspricht nicht der Rolle, die Deutschland aufgrund der hiesigen Automobilindustrie weltweit einnimmt. Das Angebot der heimischen Hersteller in anderen Ländern ist deutlich umfangreicher. Die Rahmenbedingungen in den anderen Ländern sind demnach deutlich besser.

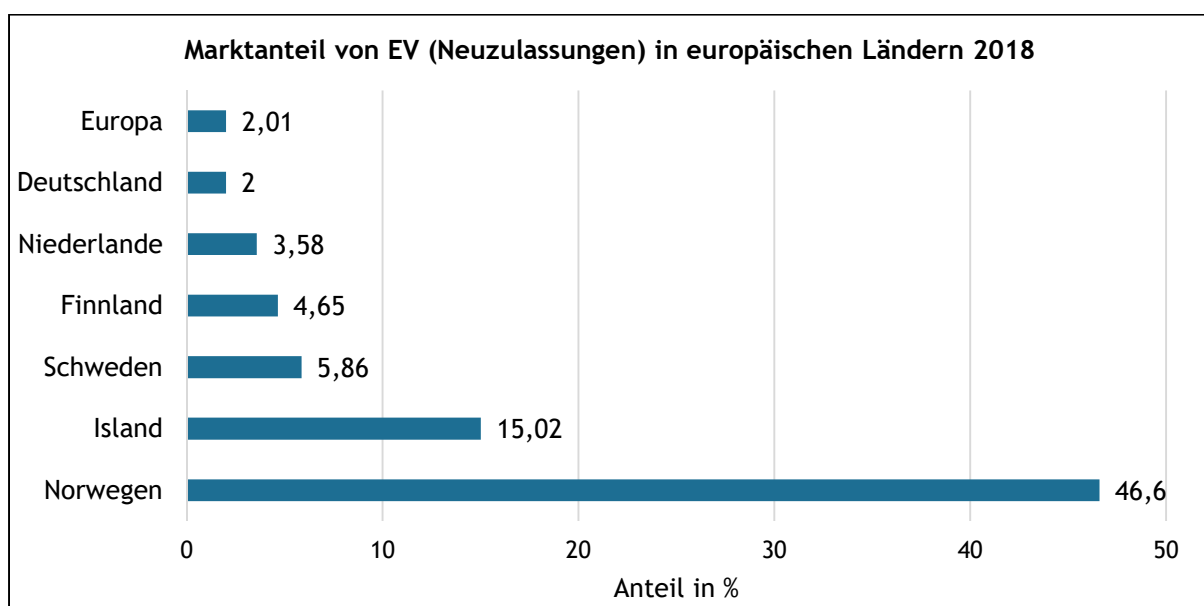


Abbildung 3: Marktanteil von EV in europäischen Ländern 2018 in Prozent⁷

⁶ Vgl. Bundesregierung 2009

⁷ Vgl. European Alternative Fuels Observatory (eafo) 2018

3 Situation in der Stadt Brandenburg an der Havel

3.1 Charakterisierung der Region

Bevölkerung, Wirtschaft

Die kreisfreie Stadt Brandenburg an der Havel erstreckt sich am westlichen Rand des Bundeslandes Brandenburg über eine Fläche von 229,7 km².⁸ Die Stadt ist eines von vier Oberzentren in Brandenburg und wird von den Landkreisen Potsdam-Mittelmark und Havelland umschlossen. Es leben 72 413 Einwohner⁹ in der Stadt. Das Durchschnittsalter beträgt 48,0 Jahre.¹⁰ Die Stadtteile Neustadt und Altstadt sind mit 21 547 und 13 864 Einwohnern¹¹ am bevölkerungsreichsten.

Durch den demographischen Wandel wird der Anteil der Kinder und Jugendlichen sowie der Personen im erwerbsfähigen Alter abnehmen, während der Anteil der Senioren (Personen über 65 Jahren) weiter steigt. Bis 2030 ist für die Stadt Brandenburg an der Havel mit einem Bevölkerungsrückgang auf ca. 67 429 Einwohner¹² zu rechnen.

Wirtschaftlich bedeutend sind in Brandenburg an der Havel die Stahlindustrie, der Maschinenbau, die Bahntechnik und -ausrüstung sowie die Energieversorgung, deren zugehörige Unternehmen sich u. a. im SWB Gewerbe- und Industriepark niedergelassen haben. Insgesamt zählt die Havelstadt 2 630 Betriebe.¹³ Die drei größten Arbeitgeber der Stadt Brandenburg an der Havel sind die arvato direct services GmbH, die Asklepios Fachkliniken Brandenburg GmbH sowie die B.E.S. Brandenburger Elektrostahlwerke GmbH.¹⁴

Von den 26 911 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten, die in der kreisfreien Stadt wohnen, pendeln 35,4 % (9 533) in einen anderen Landkreis, um an ihren Arbeitsplatz zu gelangen. Demgegenüber zieht es 11 858 Beschäftigte aus angrenzenden Regionen zum Arbeiten nach Brandenburg an der Havel, womit ein positiver Pendlersaldo von 2 325 vorliegt. Von den insgesamt 29 236 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten, die in der Stadt arbeiten, pendeln 40,6 % ein.¹⁵ Die Arbeitslosenquote in der Stadt beträgt 8,4 % und liegt damit 2,5 % über dem brandenburgischen Durchschnitt und 1,9 % über dem ostdeutschen Durchschnitt.¹⁶

Mobilität und Verkehr

Die am äußeren südlichen Stadtgebiet entlang verlaufende Autobahn A 2 gewährt neben den Bundesstraßen B 1 und B 102 die straßengebundene schnelle Anbindung an umliegende Städte, wie Potsdam, Berlin und Magdeburg. Der Regionalexpress sichert zudem eine schnelle schienengebundene Anbindung Hauptbahnhof der Havelstadt ins Berliner Stadtzentrum (ca. 44-49 min). Das öffentliche Personennahverkehrsangebot wird von den Verkehrsbetrieben Brandenburg an der Havel GmbH mit vier Straßenbahnlinien und elf Buslinien sowie drei Nachtbuslinien betrieben und befördert jährlich ca. 8,5 Mio. Personen.¹⁷ Die Stadt ist nicht an das Fernbusverkehrsnetz angebunden. Weder Carsharing- noch Bikesharing-Angebote sind aktuell in der Stadt vorhanden.

8 vgl. Stadt Brandenburg an der Havel 2018a

9 vgl. Stadt Brandenburg an der Havel 2019a

10 vgl. Stadt Brandenburg an der Havel 2018a

11 ebd.

12 vgl. INSEK 2018

13 vgl. Stadt Brandenburg an der Havel 2018

14 ebd.

15 vgl. Bundesagentur für Arbeit, Stand: 06/2018

16 vgl. Bundesagentur für Arbeit, Stand: 12/2019

17 vgl. VBBR Qualitätsbericht 2018

Die regiobus Potsdam Mittelmark GmbH operiert als Regionalbusanbieter.

Anfang 2019 lag der Bestand an zugelassenen Pkw bei 34 241. Es ergibt sich ein, im Vergleich zum Bundesmittel von 565 Pkw je 1000 Einwohner geringerer Autobesitz von ca. 476 Pkw je 1 000 Einwohner. Mit 28 Plug-in-Hybridfahrzeugen (PHEV) und 38 batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) beläuft sich der Anteil dieser auf 0,19 % (insgesamt) bzw. 0,1 % (batterieelektrisch).¹⁸

Im Jahr 2018 wurden 47 % der Wege in der Stadt Brandenburg an der Havel mit dem Pkw zurückgelegt, 8 % mit dem ÖPNV sowie 45 % mit dem Rad oder zu Fuß.¹⁹ Trotz des reduzierten Verkehrsaufkommens seit der Jahrtausendwende, werden im Stadtgebiet täglich 153 000 Fahrten ausgeführt und dabei 1 Mio. Kilometer zurückgelegt, wobei die durchschnittliche Wegelänge nur ca. 5 km beträgt.²⁰

Tourismus

Brandenburg an der Havel ist auch für Touristen ein attraktives Ausflugs- und Erholungsziel. 2019 übernachteten fast 100.000 Gäste 250.000 mal in der Stadt und verweilten durchschnittlich rund 2,5 Tage in einem der 43 Beherbergungsbetriebe.²¹ Der saisonale Schwerpunkt liegt dabei auf den Sommermonaten Juni bis August.²² Das Stadtgebiet ist einzigartig geprägt durch seine Flussläufe, Landschafts- und Naturschutzgebiete und beeindruckt zudem mit einer Vielzahl an historischen Gebäuden und Kirchen.

Ladeinfrastruktur

Der Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur beläuft sich auf sechs Ladestationen mit insgesamt 15 Ladepunkten, die wie in Abbildung 4 dargestellt, verteilt liegen. An rund 50 % der Ladepunkte kann auf eine Ladeleistung von bis zu 11 kW zugegriffen werden. Die restlichen 50 % der Ladepunkte bieten das Stromtanken mit Leistungen von 22 bis 43 kW. Die mittlere Entfernung zur nächsten Ladestation beträgt rund 3,2 km. Auch jenseits der Stadtgrenzen bestehen Lademöglichkeiten, die ebenfalls in Abbildung 4 dargestellt sind. Die bereits errichteten Ladestationen stellen einen ersten guten Baustein für die weitere Entwicklung der Elektromobilität in Brandenburg an der Havel dar.

¹⁸ vgl. Kraftfahrtbundesamt, Stand: 31.12.2017

¹⁹ TU Dresden, SrV 2018, 04.02.2020

²⁰ vgl. Stadt Brandenburg an der Havel 2016a

²¹ vgl. Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2018

²² vgl. Stadt Brandenburg an der Havel 2016b

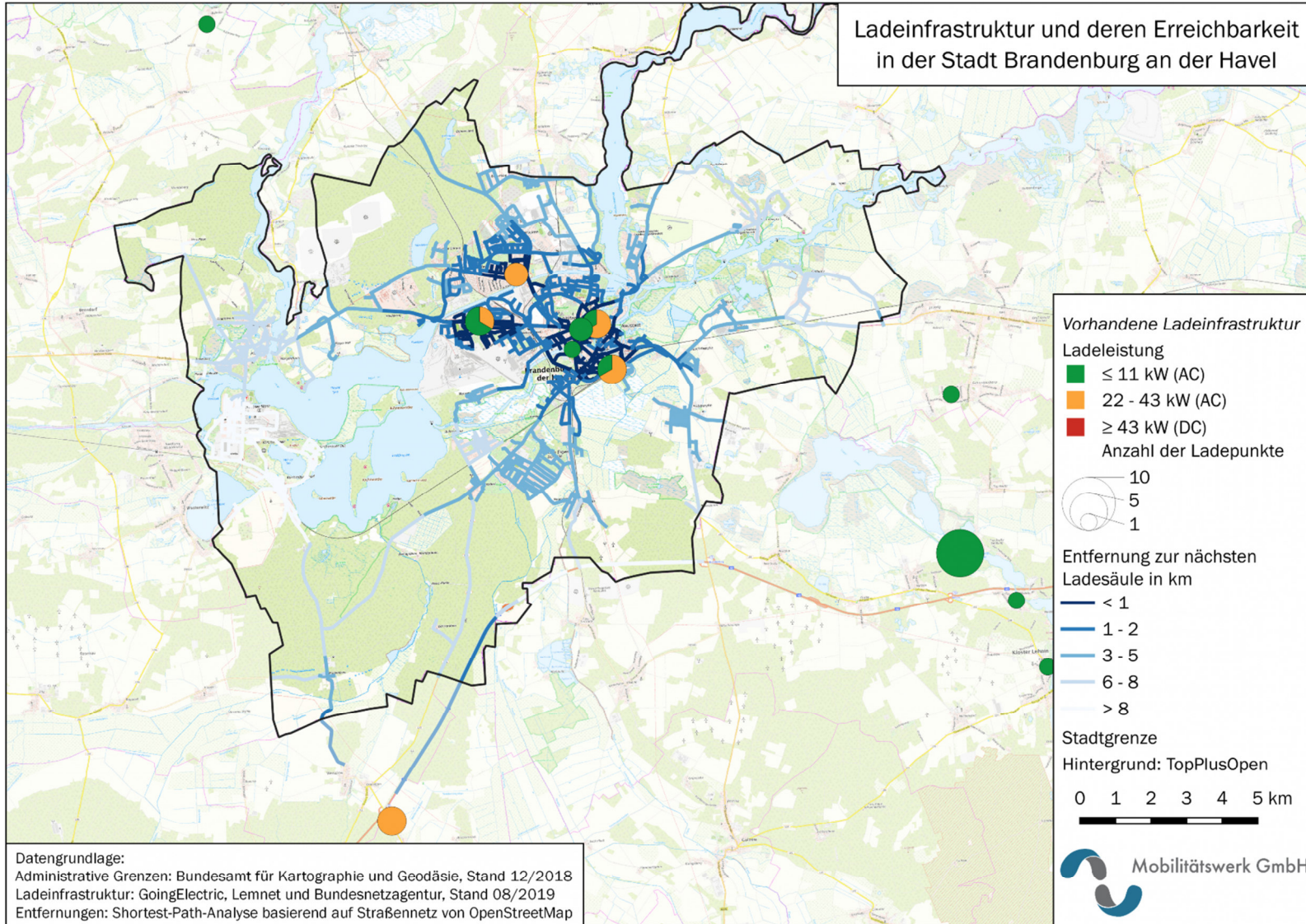


Abbildung 4: Ladeinfrastruktur und deren Erreichbarkeit in der Stadt Brandenburg an der Havel

3.2 Energie-, klima- und verkehrspolitische Zielstellung

In ganz Deutschland wurden im vergangenen Jahrzehnt im Bereich Energie sowie Klimaschutz und Verkehr/Mobilität zahlreiche Konzepte, Pläne und Strategien entwickelt, um das Land auf die zu erwartenden Herausforderungen durch den demografischen Wandel, den fortschreitenden Klimawandel, die Energiewende und die Erschöpfung der natürlichen Ressourcen vorzubereiten. Ziele und Maßnahmenprogramme wurden dabei sowohl auf Bundes- und Landes- als auch auf Gemeindeebene festgelegt.

Auch für das Land Brandenburg und die Stadt Brandenburg an der Havel liegt eine Vielzahl von Konzepten und Strategien vor. Da sich das vorliegende Konzept mit Elektromobilität als einem Bestandteil der zukünftigen Mobilität befasst, wurden im Folgenden diesbezüglich relevante Zielstellungen aus den Themenbereichen Energie, Klimaschutz und Verkehr/Mobilität herausgearbeitet und zusammengefasst.

Abbildung 6 gibt einen Überblick über die analysierten Planwerke auf den verschiedenen Verwaltungsebenen. Da die Ziele auf Bundesebene sehr allgemein und umfassend formuliert sind, keine regionalen Herausforderungen berücksichtigen und sich in den nachgeordneten Ebenen wiederfinden, liegt der Fokus für die näheren Erläuterungen auf den Zielstellungen für das Land Brandenburg und die Stadt Brandenburg an der Havel.

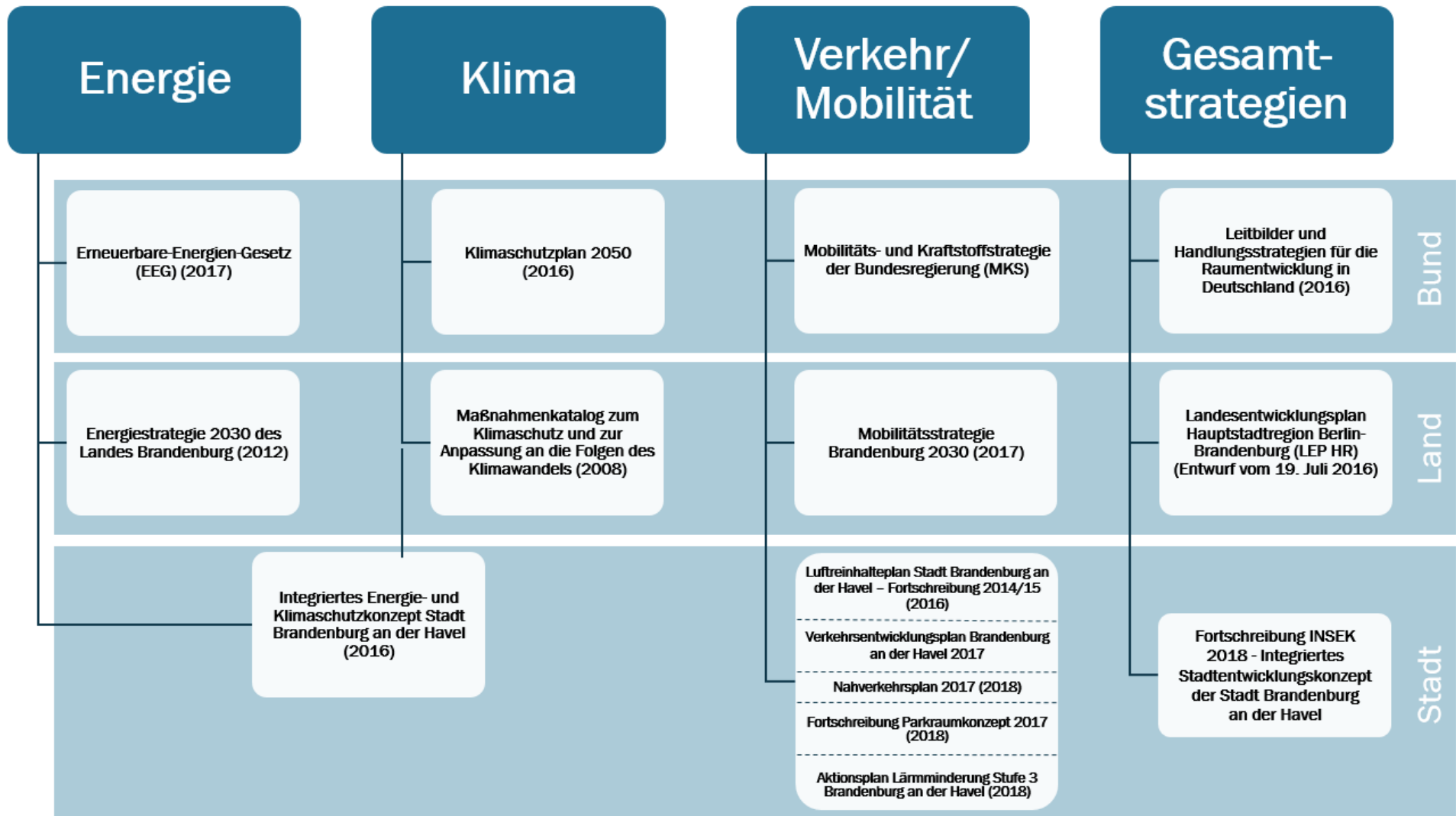


Abbildung 5: Übersicht über bestehende Planwerke, Strategien und Konzepte

Energie

Die Energiestrategie 2030 des Landes Brandenburg aus dem Jahr 2012 strebt die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch auf 32 % bis zum Jahr 2030 an. Der Endenergieverbrauch soll reduziert und bis 2030 ein erneuerbarer Anteil von 40 % erreicht werden. Der Landesentwicklungsplan für die Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg (2019) fordert eine energiesparende Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung.

Das Integrierte Energie- und Klimaschutzkonzept der Stadt Brandenburg an der Havel (2016) enthält die Zielstellung der Verringerung des Endenergieverbrauchs im gewerblichen und industriellen Sektor von 1 % pro Jahr und ca. ein Drittel bis 2050. Der Endenergieverbrauch der Stadtverwaltung soll bis 2050 halbiert werden. Zur Deckung des verbleibenden Energiebedarfs der Stadt wird bis 2050 ein Anteil der erneuerbaren Energien von mindestens 50 % angestrebt.

Klimaschutz

Die Energiestrategie 2030 des Landes Brandenburg (2012) fordert eine energiebedingte Reduktion der absoluten CO₂-Emissionen um 72 % gegenüber 1990 bis zum Jahr 2030.

Das Integrierte Energie- und Klimaschutzkonzept der Stadt Brandenburg an der Havel (2016) strebt eine Minderung der CO₂-Emissionen um 2 % pro Jahr und um insgesamt zwei Drittel bis 2050 an. Zudem sind die mobilitätsbedingten Feinstaub- und Lärmimmissionen in Wohnbezirken bis 2030 deutlich zu reduzieren.

Verkehr/Mobilität

Für den Bereich Verkehr/Mobilität werden in zahlreichen Planwerken Ziele formuliert. Zu den verkehrsrelevanten Zielen des Integrierten Energie- und Klimaschutzkonzepts der Stadt Brandenburg an der Havel (2016) zählt die Senkung des Endenergiebedarfs im Verkehrssektor um mindestens 40 % bis 2050, das Errichten einer Basisinfrastruktur an öffentlichen Ladestationen bis spätestens 2030 sowie die Erhöhung des ÖPNV-Anteils am Modal Split.

Die 2017 veröffentlichte Mobilitätsstrategie Brandenburg 2030 fordert eine umweltfreundliche Gestaltung der Mobilität durch Verkehrsvermeidung, die Erhöhung des Anteils des Umweltverbundes am Modal Split sowie die Reduzierung der Schadstoff- und Treibhausgasemissionen. Zudem wird das Potential der Digitalisierung für die Verbreitung und Kommunikation neuer Mobilitätslösungen betont.

Auch der Landesentwicklungsplan für die Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg (2019)²³ strebt die umwelt-, sozial- und gesundheitsverträgliche Sicherung und Entwicklung eines leistungsfähigen, hierarchisch strukturierten Netzes von Verkehrswegen mit entsprechenden Mobilitätsangeboten für Bevölkerung und Wirtschaft an.

Das 2018 fortgeschriebene Integrierte Stadtentwicklungskonzept der Stadt Brandenburg an der Havel nennt neben einer flächendeckenden Reduktion der vom Autoverkehr ausgehenden Belastungen in der Innenstadt auch eine deutliche Aufwertung des Fußgänger- und Radverkehrs sowie des ÖPNV als Ziel. Zudem soll die Elektromobilität durch Infrastrukturausbau, Modellprojekte und Anreize für Elektromobilität im Auto, Pedelecs oder ÖPNV gefördert werden.

Das Leitbild „Verkehr und Umwelt“ als Teil des fortgeschriebenen Verkehrsentwicklungsplans 2015 der Stadt Brandenburg an der Havel (2015) beschreibt zahlreiche anzustrebende Ziele, u. a. die weitere Stärkung des ÖPNV, die Rad- und Fußgängerverkehrsförderung als umweltverträgliche Mobilitätsformen sowie die Nutzung mobilitätsbeeinflussender Instrumentarien und innovativer Ansätze.

²³ Landesentwicklungsplan 2019

Auch der Aktionsplan Lärminderung Stufe 3 für die Stadt Brandenburg an der Havel (2018) fordert die Lärmreduzierung durch eine Reduzierung des Kfz-Verkehrs und die Förderung geräuscharmer Verkehrsmittel (Radverkehr, Fußverkehr, ÖPNV, Elektromobilität). Die nachfolgende Tabelle 1 gibt einen Überblick über alle mobilitätsrelevanten Zielstellungen.

Tabelle 1: Übersicht mobilitätsrelevanter Zielstellungen

Konzept	Ziele	
Fortschreibung INSEK 2018 - Integriertes Stadtentwicklungskonzept der Stadt Brandenburg an der Havel	Flächendeckende Reduktion der vom Autoverkehr ausgehenden Belastungen in der inneren Stadt	
	Deutliche Aufwertung des Fußgänger- und Fahrradverkehrs und des ÖPNV	
	Förderung der E-Mobilität (Infrastruktur, Modellprojekte und Anreize für Elektromobilität im Auto, E-Bike oder öffentlichen Nahverkehr)	
Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept Stadt Brandenburg an der Havel (2016)	Senkung des Endenergiebedarfs im Verkehrssektor um mindestens 40 % bis 2050	
	Basisinfrastruktur öffentlicher Ladestationen bis spätestens 2030	
	Erhöhung des Anteils des öffentlichen Nahverkehrs an der Gesamtmobilität in der Stadt → bedarfsgerechtes Fahrtangebot, Aufgreifen neuer Entwicklungen in der Fahrzeugtechnik, autonome Mobilität	
Verkehrsentwicklungsplan Fortschreibung 2015 Leitbild „Verkehr und Umwelt“ (2015)	Sicherung der oberzentralen Funktion durch die Einbindung in die überregionalen Netze zur Gewährleistung der Erreichbarkeiten im allgemeinen, touristischen und Wirtschaftsverkehr	
	Leistungsfähige Anbindung der Stadt- und Ortsteile sowie Struktur-schwerpunkte (Umweltverbund und Kfz-Verkehr) zur Gewährleistung der Erreichbarkeiten im allgemeinen-, touristischen- und Wirtschafts-verkehr	
	Optimaler Betrieb des Straßennetzes zur Gewährleistung der finanziellen Nachhaltigkeit	
	Weitere Stärkung des ÖPNV	
	Förderung des Radverkehrs als umweltverträgliche Form des Individualverkehrs	
	Förderung des Fußgängerverkehrs und der Aufenthaltsqualitäten	
	Größtmögliche Umweltverträglichkeit des Verkehrs zur Zielerreichung im Klimaschutz, Luftreinhaltung und Lärminderung etc.	
	Barrierefreiheit und kindgerechte Stadt als Grundsteine einer umfassenden Mobilitätsteilhabe	
	Steigerung der Verkehrssicherheit für alle Verkehrsteilnehmer	
	Hohe Qualität der öffentlichen Räume	
	Nutzung mobilitätsbeeinflussender Instrumentarien und innovativer Ansätze	
	Stärkung des Prozesscharakters im VEP durch Einbeziehung von Monitoring und Evaluierungsprozessen	
	Stärkung der institutionellen Verankerung nachhaltiger Verkehrsplanung	
	Aktionsplan Lärminderung Stufe 3 Brandenburg an der Havel (2018)	Lärmreduzierung durch Reduzierung des Kfz-Verkehrs und Förderung geräuscharmer Verkehrsmittel (Radverkehr, Fußverkehr, ÖPNV, Elektromobilität)

Das EMK für die Stadt Brandenburg an der Havel knüpft an folgenden Maßnahmen an:

- **Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept Stadt Brandenburg an der Havel (2016)**
 - Schaffung einer (Lade-)Infrastruktur für E-Mobilität
 - Pilotprojekt: Integration von Elektrorädern in das Verkehrssystem der Stadt
- **Energiestrategie 2030 des Landes Brandenburg**
 - Energieeffiziente Verkehrsgestaltung unter Berücksichtigung des demografischen Wandels
 - Verbessern der Rahmenbedingungen für Null-Emissions-Verkehr
 - Prüfen des erweiterten Einsatzes von Elektromobilen und Erschließen von E-Mobilitätspotentialen im Personen- und Güterverkehr
- **Integriertes Stadtentwicklungskonzept der Stadt Brandenburg an der Havel (2018)**
 - E-Mobilität fördern: Infrastruktur, Modellprojekte und Anreize für Elektromobilität im Auto, E-Bike oder öffentlichen Nahverkehr
- **Aktionsplan Lärminderung Stufe 3 Brandenburg an der Havel (2018)**
 - Lärmreduzierung durch Reduzierung des Kfz-Verkehrs und Förderung geräuscharmer Verkehrsmittel (Radverkehr, Fußverkehr, ÖPNV, Elektromobilität)

4 Ladeinfrastrukturkonzept

Im Gegensatz zu konventionellen Fahrzeugen, können Elektrofahrzeuge während der Standzeiten, im Durchschnitt täglich ca. 23 Stunden, geladen werden. Damit unterscheidet sich das Laden vom Tanken deutlich. Sofern Ladeinfrastruktur vorhanden ist, kann jede Standzeit nach einer Fahrt genutzt werden, um Strom zu laden. Dies gilt auch, wenn eine Ladung, aufgrund eines für die nächsten Fahrten noch ausreichenden Ladestands der Batterie, noch nicht notwendig ist. Das Anfahren einer separaten Tankstelle ist nicht erforderlich, wenn im normalen Tagesablauf Ladeinfrastruktur an den üblicherweise genutzten Stellplätzen vorhanden ist. Dies stellt den wesentlichen Unterschied zu konventionell betriebenen Fahrzeugen dar. Eine Lademöglichkeit am Wohnungsstellplatz oder beim Arbeitgeber stellt für die meisten Elektrofahrer die Basisversorgung dar und ist meist die Voraussetzung für die Entscheidung für ein Elektroauto. Ausreichende Lademöglichkeiten für längere Strecken müssen jedoch gewährleistet sein.

Für Strecken deutlich oberhalb der Batteriereichweite ergeben sich neue Abläufe und Herausforderungen. Ladevorgänge müssen geplant werden. Aber dafür haben die Fahrzeuge Reichweitenrechner, welche die Ladevorgänge über das Navigationssystem planen. Es ergeben sich daraus Zwischenladungen, längere Fahrzeiten oder veränderte Routenführungen.

Öffentlich verfügbare Ladeinfrastruktur dient demnach folgenden Nutzungszwecken:

- Ladevorgänge von Einwohnern ohne eigene Lademöglichkeit
- Gelegenheitsladen bei passenden Lademöglichkeiten und attraktiver Preissetzung
- Reichweitenertüchtigung auf Reisen und bei weiten Fahrten als Zwischenladung
- Ladung an Zielorten für die Rückfahrt oder für anschließende Strecken

Die Ladegeschwindigkeiten, die an den jeweiligen Ladeorten bereitgestellt werden sollten, unterscheiden sich deutlich. Für Zwischenladungen an Hauptverkehrsachsen oder hochfrequentierten Zielen mit kurzen Standzeiten bieten sich Schnellladevorgänge an. Bei längeren Standzeiten reichen auch geringe Ladegeschwindigkeiten aus. Eine komplette Abdeckung aller möglichen Fahrtziele ist während des Markthochlaufs unmöglich. Bei einem hohen Anteil an Elektrofahrzeugen ist aber damit zu rechnen, dass an fast allen Standorten mit längeren Standzeiten Lademöglichkeiten entstehen werden. Die Sinnhaftigkeit für die Errichtung von LIS an einem Standort wird sich aus dem Geschäftsmodell und damit der Notwendigkeit des Ladevorgangs ergeben.

Die Reichweitenertüchtigung ist zwingend und wird an hochfrequentierten Strecken und an zentralen Verkehrsknoten mit Schnellladern bei vergleichsweise deutlich höherer Preisakzeptanz gegeben sein. Durch die hohe Frequenz an Fahrzeugen und größeren abgegebenen Mengen je Fahrzeug ergeben sich am ehesten wirtschaftlich betreibbare Ansätze. Je weniger potentielle Nutzer pro Ladepunkt vorhanden sind und je geringer der Ladebedarf beim einzelnen Ladevorgang ist, umso geringer ist die Wirtschaftlichkeit. Dabei spielt die Vergleichbarkeit mit den Kosten an der privaten Ladeinfrastruktur und dem eigenen Strompreis eine nicht zu unterschätzende psychologische Rolle.

Vorgehen

Bei der Erarbeitung des LIS-Konzeptes für die Stadt Brandenburg wurde wie folgt vorgegangen:

- 4.1 Ermittlung der Anforderungen an Ladeinfrastruktur
- 4.2 Prognose der Anzahl Elektrofahrzeuge und des zu erwartenden LIS-Bedarfs
- 4.3 Modellierung des kleinräumigen Standortpotentials für Ladeinfrastruktur
- 4.4 Auswirkungen auf das Stromnetz
- 4.5 Hinweise zu Stellplatzsatzung und Bebauungsplänen
- 4.6 Ableitung von Handlungsempfehlungen

4.1 Ermittlung der Anforderungen an Ladeinfrastruktur

4.1.1 Begriffsklärung

Ladestationen und Ladepunkte

Hinsichtlich der Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur können mehrere Betrachtungsebenen unterschieden werden.

- Ladeinfrastruktur kann als Bestandteil einer Elektromobilitätsdienstleistung aus Elektrofahrzeug und allen zugehörigen Dienstleistungen gesehen werden. Einige Autohersteller bieten eigene Ladeinfrastrukturnetzwerke an - meist Schnelllader.
- Im Markthochlauf ist die Verfügbarkeit von Ladestationen in regelmäßigen Abständen, notwendig. Die Entfernung von einer Ladestation zur nächsten darf die Reichweite gängiger Elektrofahrzeuge nicht überschreiten und muss Umwege berücksichtigen.
- Die Anzahl der Ladestationen an einem Standort, vergleichbar mit der Anzahl an Zapfsäulen an einer Tankstelle, wird erst bei einer hohen Verbreitung von Elektrofahrzeugen relevant, da dann mehrere Fahrzeuge gleichzeitig laden müssen. Der Verfügbarkeit parallel nutzbarer Ladepunkte kommt dann eine hohe Relevanz zu.
- Die aktuell noch verschiedenen Ladestandards von Elektrofahrzeugen müssen berücksichtigt werden. Die Verbreitung von Ladestationen, die mit CCS-Ladepunkten ausgestattet sind, hilft Nutzern von E-PKW mit Chademo-Anschluss nicht weiter. Im Markthochlauf sollten beide Systeme unterstützt werden. Mit geringeren Anteilen an Neu- und Bestandsfahrzeugen mit Chademo wird dies an Relevanz verlieren.
- Sind an einem Standort mehrere Ladepunkte vorhanden, so muss der Stromanschluss auch eine parallele Nutzung zulassen, also stark genug dimensioniert sein.

Definitionen (Abbildung 6):

- **Ladestationen** sind Orte, an denen eine Lademöglichkeit für Elektrofahrzeuge vorhanden ist. Eine Ladestation kann eine oder mehrere Ladesäulen umfassen.
- **Ladesäulen** sind elektrische Anlagen, an denen die Fahrzeuge angeschlossen und geladen werden. Sie können einen oder mehrere Ladepunkte umfassen.
- **Ladepunkte** sind Steckdosen oder bei angeschlagenen Kabeln Ladestecker, unabhängig vom Standard und der Möglichkeit einer gleichzeitigen Nutzung.²⁴
- **Gleichzeitig nutzbare Ladepunkte** stellen die maximale Kapazität einer Ladestation dar.

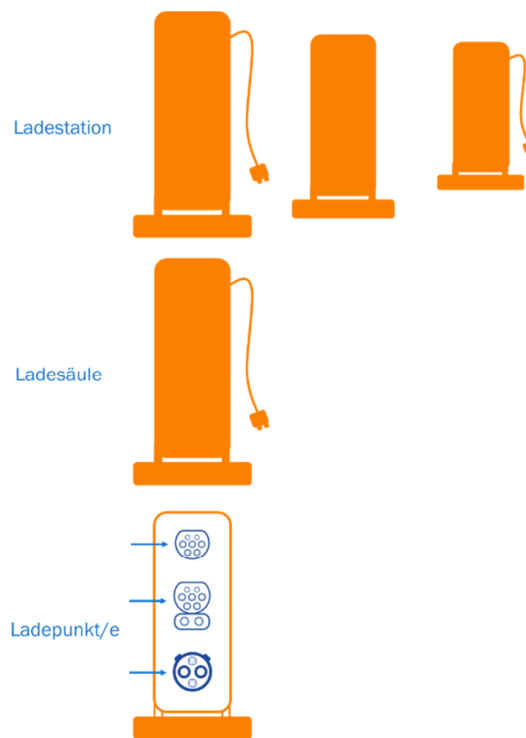


Abbildung 6: Definitionen

Für unterschiedliche Fahrzeugtypen ergeben sich nach den jeweils unterstützten Ladestandards unterschiedliche Anzahlen von nutzbaren Ladestationen und gleichzeitig nutzbaren Ladepunkten. Standardisierungen sind demnach relevant bzw. es bedarf Multiladern, die möglichst alle Ladestandards und Steckertypen unterstützen. Nur dann können fahrzeugtypübergreifende Aussagen zur Abdeckung und Kapazität getroffen werden.

Beispielhaft sei angeführt, dass einige Schnelllader nur den europäischen Ladestandard CCS (Combined Charging System) unterstützen. Ein Laden für CHAdeMO-Fahrzeuge (Charge de Move), die nennenswert am Markt vertreten sind und auch bei den Neuzulassungen relevante Anteile aufweisen, ist dort nicht möglich. Abbildung 7 zeigt die verschiedenen am Markt verfügbaren Steckertypen.



Schuko



Typ-2



Chademo



CCS

Abbildung 7: Ladestandards/Steckertypen

Schuko-Stecker sind in jedem Haushalt verfügbar. Jeder E-PKW kann mit einem Schuko-Stecker an einer Haushaltssteckdose geladen werden. Aufgrund der langen Ladedauer und der, im Verhältnis zu Haushaltsgeräten hohen Ladeleistung, ist dies jedoch nicht empfehlenswert.

Typ-2 ist der europäische Standard für das Normalladen mit Wechselstrom (AC). Die meisten aktuellen Fahrzeugmodelle können mit diesem Standard laden.

Chademo ist ein Standard für das Laden mit Gleichstrom (DC), der von asiatischen und französischen Herstellern genutzt wird.

CCS ist ein Standard für das Schnellladen mit Gleichstrom (DC), der von europäischen und amerikanischen Herstellern genutzt wird.

Bei der Ergebnisinterpretation muss zwischen der räumlichen Abdeckung und der Kapazität der Ladestation differenziert werden. Den Kapazitäten wird erst in den weiteren Stufen des Markthochlaufs ab ca. 2022/23 höhere Bedeutung gewinnen. Vorbuchung und Reservierung werden wichtiger, um Lastspitzen zu verlagern und mit möglichst wenig Infrastruktur zu bedienen. Im Markthochlauf ist zunächst die räumliche Erschließung relevant.

Ladeleistung

Die am Ladepunkt verfügbare Ladeleistung bestimmt die Dauer eines Ladevorganges. Je höher die Ladeleistung, desto schneller ist die Ladung der Batterie. Unterschieden wird:

- Normalladen mit Wechselstrom (AC) mit einer Ladeleistung von 3,7 bis 43 kW,
- Schnellladen mit Gleichstrom (DC), meist mit einer Ladeleistung von aktuell 50 kW bis zukünftig voraussichtlich 150–350 kW²⁵.

Neben der verfügbaren Ladeleistung am Ladepunkt ist ebenfalls relevant, welche Ladeleistung vom Fahrzeug unterstützt wird. Fahrzeuge, die nur bis 4,6 kW laden können, können auch an einem Ladepunkt mit 22 kW verfügbarer Ladeleistung nicht mit mehr als 4,6 kW laden.

²⁵ Da LIS immer zu den technischen Standards der Fahrzeuge passen muss und in diesem Bereich aktuell noch viel Forschungsarbeit geleistet wird, sind zukünftige Entwicklungen, vor allem im Schnellladebereich, noch nicht mit Gewissheit vorherzusehen.

Eigentumsverhältnis

Die Zugänglichkeit von LIS für die Nutzer ist u. a. von Eigentumsverhältnissen der Flächen abhängig, auf der die Ladestation errichtet wurde (vgl. Abbildung 8). Differenziert werden können die folgenden Eigentumsverhältnisse:

- **Privater Grund:** meist Wallboxen am Stellplatz/Carport auf dem privaten Grundstück oder beim Arbeitgeber
- **Öffentlicher Grund:** LIS im öffentlichen Straßenraum, für jeden ohne zeitliche und physische Einschränkung zugänglich
- **Halböffentlicher Grund:** private Flächen, die für jeden zugänglich sind, teilweise mit zeitlichen Einschränkungen

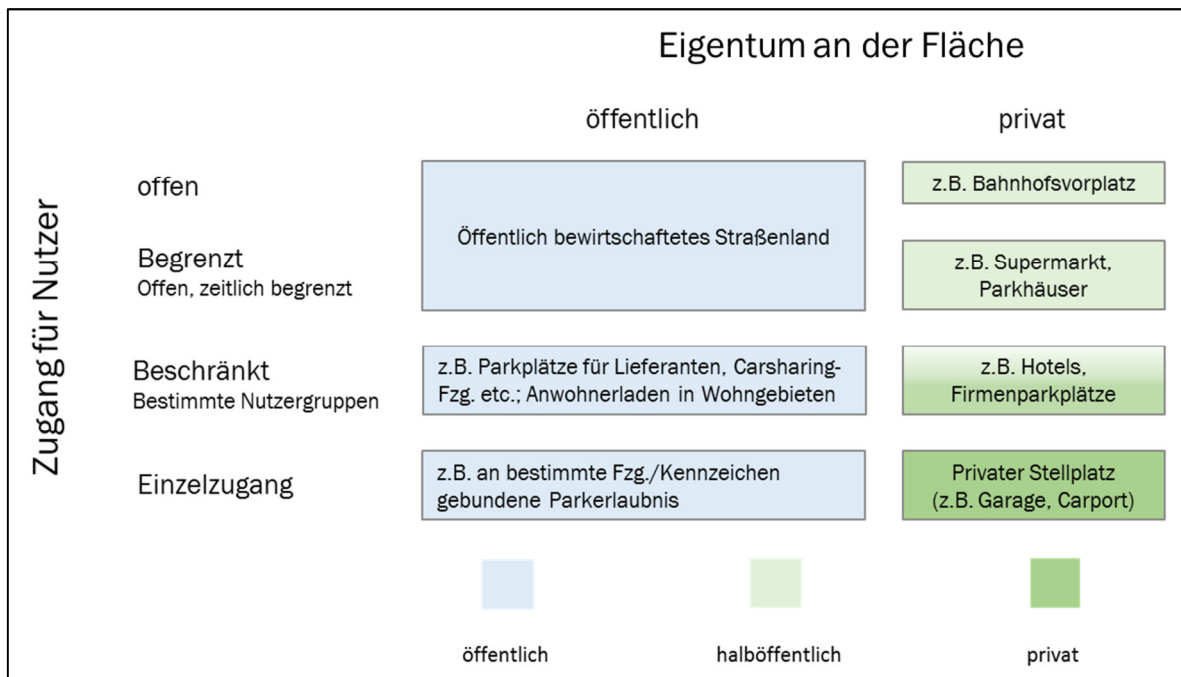


Abbildung 8: Kategorisierung LIS²⁶

Zweck der Ladung

Der Zweck der Nutzung ist abhängig vom SoC (State of Charge = Ladezustand)²⁷ bzw. der Notwendigkeit der Ladung zur Streckenabsolvierung und von der Aktivität am Ladeort (Zwischenstopp oder Zielort). Zusammengefasst können folgende Arten des Ladens mit dem jeweiligen Zweck der Ladung unterschieden werden:

- **Schnellladen** – Streckenabsolvierung; Ladevorgang zwingend erforderlich, um die Fahrt fortsetzen zu können,
- **Gelegenheitsladen** – Laden, wenn sich die Gelegenheit aus dem Mobilitätsverhalten ergibt; keine Notwendigkeit vorhanden,
- **Laden am Zielort** – Notwendigkeit des Ladevorganges abhängig von der zurückgelegten Strecke; an Herbergen und Unterkünften meist notwendig,
- **Privates Laden** – zur Deckung des primären Ladebedarfes; zu Hause oder beim Arbeitgeber.

²⁶ vgl. BMVI 2014
²⁷ Ladestand der Batterie

Nutzergruppen

Um LIS bedarfsgerecht zur Verfügung stellen zu können, müssen die Zielgruppen bekannt sein. Die Nutzergruppen unterscheiden sich nach ihren Anforderungen an die LIS, ihrem Mobilitäts- und Ladeverhalten sowie ihrer Zahlungsbereitschaft (vgl. Tabelle 2). Folgende Nutzergruppen können unterschieden werden.

Tabelle 2: Nutzergruppen für Ladeinfrastruktur

	Bürgerinnen und Bürger	Pendler	Gäste & Touristen	Geschäftsreisende
Charakteristik	i. d. R. private LIS vorhanden	i. d. R. private LIS zu Hause oder beim AG vorhanden	Verfügbarkeit und Zugänglichkeit zu Lademöglichkeiten in der Region essenziell	Verfügbarkeit und Zugänglichkeit zu Lademöglichkeiten in der Region essenziell
Zahlungsbereitschaft	Stromkosten dienen als Vergleich für die Zahlungsbereitschaft	Stromkosten dienen als Vergleich für die Zahlungsbereitschaft	höhere Zahlungsbereitschaft durch Urlaubsmodus	hohe Zahlungsbereitschaft, Zeit als entscheidender Faktor
Mobilitätsverhalten	kurze Arbeitswege, Besorgungs- und Freizeitwege, Holen und Bringen, Ausflüge am Wochenende	wie Bürgerinnen und Bürger, jedoch mit langen Arbeitswegen, ggf. Abstellen des Pkw an P+R-Parkplätzen	langer Anreiseweg, kurze Wege innerhalb der Urlaubsregion für Besorgungen, Restaurantbesuche etc., lange Wege bei Tagesausflügen	lange Anreisewege und kurze Aufenthaltsdauer in der Region, direkte Fahrt zur Unterkunft oder zum Termin
Ladeverhalten	regelmäßiges Laden zu Hause, Gelegenheitsladen auf alltäglichen Wegen, Schnellladen im Urlaub, bei langen Wochenendausflügen oder Spontanfahrungen	tägliches Laden beim AG oder zu Hause, ggf. am P+R-Parkplatz, Gelegenheitsladen auf alltäglichen Wegen, Schnellladen im Urlaub, bei langen Wochenendausflügen oder Spontanfahrungen	Laden am Zielort, Schnellladen bei langen Fahrten, Gelegenheitsladen bei Zwischenstopps, bspw. im Café	Laden am Zielort, Schnellladen bei langen Fahrten, ggf. Laden beim Unternehmen (AG)

Zur Erfüllung der Anforderungen müssen diese Aspekte bei der Wahl der Ladeorte und Ausgestaltung der Ladeinfrastruktur beachtet werden. Es ergibt sich jedoch keine separate LIS für einzelne Zielgruppen. Einige Standorte werden einen großen Anteil bestimmter Zielgruppen bedienen, sollten jedoch immer auch attraktive Möglichkeiten für andere Zielgruppen bieten, um durch unterschiedliche zeitliche Inanspruchnahme eine bessere Auslastung im Tagesverlauf zu erreichen.

Ladeorte

Für ausreichend Lademöglichkeiten in der Fläche sind halböffentliche Flächen geeignet. Insbesondere Einzelhändler, Gastronomie und Hotellerie sowie Freizeiteinrichtungen bieten aufgrund folgender Faktoren ideale Voraussetzungen für Ladeinfrastruktur:

- häufiges Ziel mit passenden Standzeiten für einen Ladevorgang (> 15 Minuten),
- Ladeinfrastruktur stellt nicht das Kerngeschäftsmodell dar
- teilweise hohe Kundenfrequenz bei Einzelhändlern, die sonst kaum gegeben wäre und ggf. langfristig sogar ein eigenes Geschäftsmodell ermöglichen kann,
- Gegenfinanzierung durch Kundengewinnung und längere Aufenthaltsdauer im Geschäft.

Für den Markthochlauf der Elektromobilität bieten diese Standorte einen entscheidenden Vorteil. Durch die Frequentierung wird eine hohe Sichtbarkeit der LIS ermöglicht.

Lademöglichkeiten bei Arbeitgebern kommt eine ähnlich hohe Relevanz wie der Ladeinfrastruktur zu Hause zu. Da diese Lademöglichkeiten eine verbindliche Verfügbarkeit aufweisen, können sie den privaten Ladepunkt substituieren. Das Fahrzeug steht lange auf dem Arbeitgeber-Parkplatz und kann bei Überkapazitäten beispielsweise über Photovoltaik-Strom oder Strom aus einem BHKW geladen werden. Da die Arbeitszeiten der Mitarbeiter üblicherweise in der Hauptproduktionszeit für PV-Anlagen liegen, ergibt sich daraus eine sinnhafte Anwendung. Arbeitgeber können Strom zum Laden eines E-Pkw an den Arbeitnehmer aktuell steuerfrei abgeben.

4.1.2 Anforderungen

Die Anforderungen an LIS ergeben sich aus der für den Betreiber notwendigen Wirtschaftlich- bzw. Vorteilhaftigkeit und dem festgesetzten Rechtsrahmen.

Anhand durchschnittlicher Jahresfahrleistungen von PKW kann eine grobe Abschätzung notwendiger LV vorgenommen werden. Da Elektromobilitätsnutzer aktuell tendenziell höhere Fahrleistungen aufweisen, als der Durchschnitt, erfolgt auch eine Betrachtung der notwendigen LV bei Vielfahrern. Tabelle 3 zeigt, differenziert nach den Akkukapazitäten der Fahrzeuge bzw. deren Reichweite, die Anzahl notwendiger Ladevorgänge pro Fahrzeug pro Woche. Unter der Annahme, dass die Fahrzeuge durchschnittlich 20 kWh/100 km verbrauchen und der Akku vor jedem Ladevorgang komplett entladen wird, ergeben sich, je nach Jahresfahrleistung und Akkukapazität, zwischen einem und vier zwingend erforderlichen Ladevorgänge pro Woche. Werden Ladeverluste und eine in der Batterie verbleibende Restkapazität von ca. 20 % berücksichtigt, ergibt sich jeweils etwa 1 Ladevorgang mehr pro Woche.

Tabelle 3: Anzahl notwendiger Ladevorgänge zur Bedarfsdeckung

Akkukapazität in kWh	Reichweite in km	Jahresfahrleistung in km	
		Durchschnittliche Fahrleistung: 13 922 ²⁸	Vielfahrer > 20 000
		Ø Anzahl Ladevorgänge pro Woche	
20	100	3	4
30	150	2	3
40	200	1	2
50	250	1	2
60	300	1	1
70	350	1	1
80	400	1	1

An welcher LIS (privat/Arbeitgeber/(halb-)öffentlich) diese Ladevorgänge durchgeführt werden, unterscheidet sich je nach Verfügbarkeit, dem persönlichen Mobilitätsverhalten sowie der Attraktivität öffentlicher LIS im Umfeld. In der Praxis werden jedoch deutlich mehr Ladevorgänge durchgeführt, als notwendig sind. Es finden demnach nicht immer Vollladungen statt. Dies ergibt sich daraus, dass Ladevorgänge an (halb-)öffentlicher LIS vorrangig als Gelegenheitsladen stattfinden. Abbildung 9 zeigt exemplarisch das Mobilitätsverhalten einer Vollzeit beschäftigten Person mit Kind und die sich daraus ergebenden Standzeiten des PKW. Lange, regelmäßige Standzeiten und damit einhergehende Möglichkeiten zur Ladung, ergeben sich demnach am

²⁸ Entspricht lt. KBA der durchschnittlichen Jahresfahrleistung von PKW in Deutschland im Jahr 2017

Wohnort und bei der Arbeit. Kürzere und unregelmäßige, für Ladevorgänge dennoch relevante Standzeiten ergeben sich in der Freizeit bspw. beim Besuch von Freunden, bei Freizeitaktivitäten, bspw. Kinobesuchen oder beim Einkaufen.

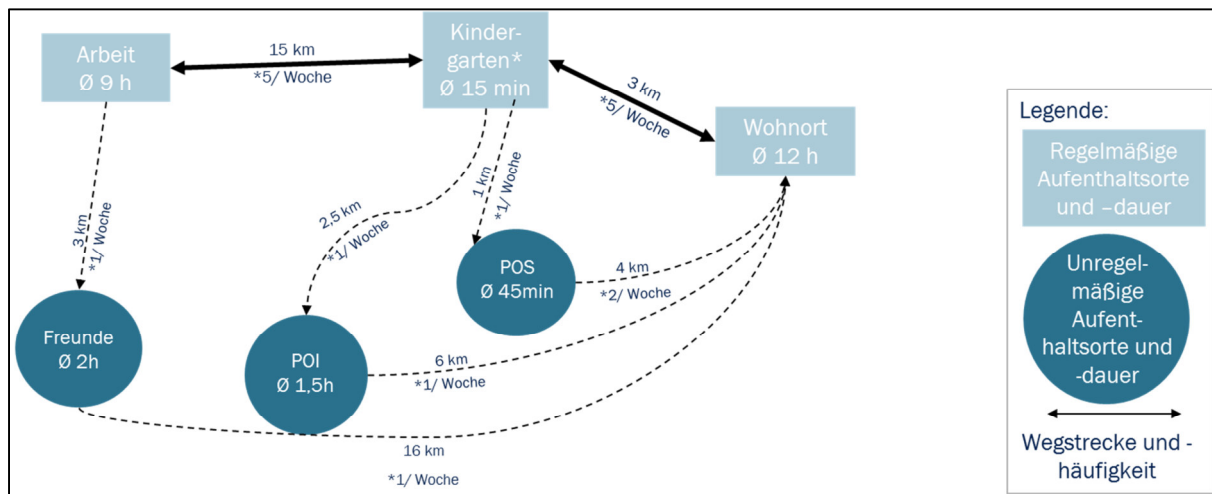


Abbildung 9: Lademöglichkeiten im natürlichen Bewegungsprofil einer Person, werktags

Aus dem im Vergleich zum Tankverhalten differenzierten Ladeverhalten ergeben sich neue Anforderungen an die Infrastruktur.

Anforderungen aus Nutzersicht

In einer Studie der Begleit- und Wirkungsforschung Elektromobilität aus dem Jahr 2016 wurden Nutzer von Elektrofahrzeugen hinsichtlich ihrer Einschätzung und Nutzung von LIS sowie ihrem Ladeverhalten befragt²⁹. Die Ergebnisse spiegeln die Anforderungen an LIS aus Nutzersicht wider:

Positionierung und Sichtbarkeit der Ladesäulen

- Die Positionierung von Ladesäulen im (halb-)öffentlichen Raum ist vor allem an Orten des alltäglichen Bedarfs mit Beschäftigungsmöglichkeiten im Umfeld sowie an stark frequentierten Straßen sinnvoll.
- Die Lage der Ladestation muss für den Nutzer einfach aufzufinden sein, bspw. durch entsprechende Hinweisschilder.
- Die Ladestationen sollten ohne zeitliche Einschränkungen zugänglich sein.
- Es muss vermieden werden, dass konventionelle Fahrzeuge die Ladesäule als Parkplatz nutzen und blockieren.
- Die technische Funktionsfähigkeit und Betriebsbereitschaft der Ladesäule sowie die Zuverlässigkeit während des Ladevorgangs müssen gegeben sein. Bei technischen Defekten oder Störungen an der Anlage muss dies online einsehbar und ein Ansprechpartner erreichbar sein.

Zugang zu den Ladesäulen

- Wichtigstes Kriterium ist ein barrierefreier Zugang zur Ladesäule.
- Dies beinhaltet u. a. eine einfache oder keine Authentifizierung des Nutzers. Die RFID-Karte bietet grundsätzlich eine hohe Nutzbarkeit für die Freischaltung der Ladesäulen.

29 vgl. Vogt/Fels 2017

- Sie wird von den Nutzern jedoch nur dann als Authentifizierungsmedium akzeptiert, wenn nicht eine Vielzahl an Ladekarten notwendig ist. Eine Ad-hoc Authentifizierung mittels gängiger Zahlungsmittel (EC-/Kreditkarte) oder Smartphone ist ebenso praktikabel. Smartphones sind jedoch nicht bei jedem Nutzer vorhanden und durch Funktionseinschränkungen der Apps oder einen leeren Akku störanfällig.
- Den größten Komfort bringen Authentifizierungsmöglichkeiten, die kein Eingreifen des Nutzers erfordern. Dies ist bspw. durch Plug&Charge³⁰ möglich. Die Authentifizierung und Freischaltung erfolgt beim Einstecken des Ladekabels automatisch.

Bezahlung des Ladevorganges

- Zur Bezahlung des Ladevorgangs werden Ad-hoc-Zahlungsmittel präferiert, EC- und Kreditkarten mehr als anonyme Zahlungsmittel wie Bargeld oder aufladbare Geldkarten.
- An Vertragsbeziehungen besteht wenig Interesse, da Vertragsbindungen, Grundgebühren und Registrierungsverfahren für Nutzer nicht praktikabel sind und ein Hindernis darstellen.

Abrechnung des Ladevorganges

- Die Abrechnung des Stroms nach geladener Energiemenge (€/kWh) wird bevorzugt. Die Kosten müssen transparent für den Nutzer einsehbar sein, wie es auch aktuell an Tankstellen für konventionelle Fahrzeuge der Fall ist.

Zahlungsbereitschaft der Nutzer

- Die Zahlungsbereitschaft für einen Ladevorgang hängt davon ab, ob, wann oder zu welchen Konditionen andere Lademöglichkeiten vorhanden sind. Je näher und günstiger die Alternativen sind, umso geringer ist der Anreiz zur Nutzung.
- Als Referenz für die Kosten eines Ladevorganges an Normalladeinfrastruktur dient vorrangig der Strompreis an der heimischen Wallbox. Wenn der Preis pro kWh an der (halb) öffentlichen Ladestation niedriger oder der Ladevorgang kostenlos ist, besteht ein besonders hoher Anreiz zu ihrer Nutzung.
- Die Möglichkeit, während des Einkaufs kostengünstig oder kostenlos laden zu können, gibt Elektromobilisten Anlass, bspw. den Supermarkt zu wechseln.
- Die Zahlungsbereitschaft wird vom Zweck der Ladung bestimmt. Wird primär geparkt, ergibt sich der Ladevorgang aus der Gelegenheit (Gelegenheitsladen). Besteht auf einer Reise ein hoher zeitlicher Druck, so werden für das Laden keine Umwege in Kauf genommen. Somit hat die verfügbare Zeit für den Ladevorgang einen hohen Einfluss.
- Aufgrund der Notwendigkeit der Reichweitenverlängerung besteht für die Nutzung der Schnellladeinfrastruktur (DC-Ladeinfrastruktur) eine überproportionale Zahlungsbereitschaft. Diese übersteigt das Verhältnis der Kraftstoffpreise an Raststätten-Tankstellen zu Preisen an normalen Tankstellen deutlich.
- Bestehen Bevorrechtigungen für den Parkplatz, erfolgt ein Ladevorgang, obwohl dieser nicht zwingend nötig ist. Die Zahlungsbereitschaft für den Ladevorgang spiegelt dann die Zahlungsbereitschaft für den Parkplatz wider.

Notwendige Ladeleistung/-geschwindigkeit

- Die von den Nutzern als praktikabel erachtete Ladeleistung hängt vom Standort der Ladestation ab.

³⁰ Gemäß ISO 15118. Diese regelt den automatisierten Datenaustausch zwischen Fahrzeug und Ladeinfrastruktur.

- Befindet sich diese an einem Ort, an dem Aufenthaltsdauern von mehreren Stunden üblich sind, bspw. Restaurants, Freizeiteinrichtungen oder Übernachtungsunterkünfte, ist Laden mit bis zu 4,6 kW aus Nutzersicht ausreichend.
- An Standorten mit kürzerer Standdauer von 15 Minuten bis ca. eine Stunde, bspw. Supermärkte oder andere PoS, sollten Ladeleistungen von mindestens 11 kW, besser 22 kW zur Verfügung stehen.
- Um eine einheitliche Nutzbarkeit mit verschiedenen Fahrzeugen zu gewährleisten, wird eine Ausstattung mit 22 kW auch in Hinblick auf zukünftige Fahrzeuge als sinnvoll erachtet.
- Standorte, an denen ausschließlich geladen wird, um Reichweite für die Weiterfahrt zu erlangen, insbesondere an Autobahnen, Bundes- und Landstraßen, benötigen Schnelllader. Ladeleistungen von 50 kW DC werden dabei zwar als ausreichend erachtet, wirklich praktikabel sind aus Nutzersicht jedoch Ladeleistungen von 100 bis 150 kW, um einen relevanten Reichweitzuwachs in weniger als 30 Minuten generieren zu können.
- An Normalladestationen sollte der Typ-2-Standard vorhanden sein. Schnellladestationen sollten, um einen diskriminierungsfreien Zugang auch für ältere Fahrzeuggenerationen zu gewährleisten, sowohl über einen CCS- als auch Chademo-Anschluss verfügen.
- An Standorten mit hoher Frequentierung sowie langer Aufenthaltsdauer, sollte auch in Hinblick auf steigende Fahrzeugzahlen eine entsprechend hohe Anzahl an Ladepunkten vorhanden sein.

Informationen zur Ladestation

- Informationen zu den Ladestationen, z.B. Standort, Anzahl der Ladepunkte, Steckertypen, Ladeleistung, Öffnungszeiten, Authentifizierungsoptionen und Roaming-Netzwerke, ergänzt um Echtzeitinformationen, bspw. technische Störungen oder Belegung, sollten sowohl für Nutzer als auch für Service-Anbieter (OEM, Navi-Hersteller, App-Anbieter) gleichermaßen zur Verfügung stehen und in die Fahrzeugnavigation integriert werden.

Stromherkunft

- Die Stromherkunft ist für die Nutzer von Elektrofahrzeugen relevant. Der Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen kommt demnach eine hohe Bedeutung zu.
- Etwa die Hälfte der Nutzer würde das Ladeverhalten im Rahmen des Möglichen an die Erzeugung des Stroms anpassen. Eine Bereitschaft zur Zahlung von Aufpreisen für die Nutzung von Ökostrom an (halb-)öffentlicher LIS besteht jedoch kaum.

Anforderungen aus Betreibersicht

Den größten Einfluss auf das Geschäftsmodell haben - sofern eine eigene Wirtschaftlichkeit der Ladestation angestrebt wird - die Anzahl der Ladevorgänge und die abgegebene Strommenge sowie die Differenz zwischen dem Stromeinkaufs- und Stromverkaufspreis³¹.

Hinzu kommen die Anschaffungs- und Betriebskosten. Weil Speicherkapazitäten der Batterien und ggf. auch nutzerseitig die Standzeiten begrenzt sind, müssen größere Mengen an Strom abgesetzt werden, die mit einer hohen Anzahl an Ladevorgängen einhergehen. Hohe Aufschläge für Ladevorgänge mit geringen Strommengen, um gleiche absolute Überschüsse an der Ladestation zu erzielen, können zu sehr hohen Preisen führen.

³¹ Bereinigt um technische Verluste beim Ladevorgang.



Abbildung 10: Attraktivität von Ladeinfrastruktur als Kerngeschäft

Ladeinfrastruktur als Kerngeschäft - Schnellladeinfrastruktur

- Geschäftsmodelle für Ladeinfrastruktur als Kerngeschäft bestehen aktuell fast nur für Schnellladeinfrastruktur an hoch frequentierten Standorten mit Notwendigkeit zur Reichweitenverlängerung, also vorrangig an Autobahnen und Bundesstraßen.
- Ein attraktives Umfeld für einen Schnelllader bedingt Gastronomie oder Einzelhandel im Umfeld, wenn Reisende adressiert werden sollen.
- Kürzere Standzeiten ermöglichen eine hohe Verfügbarkeit der Lademöglichkeit und damit mehrere Ladevorgänge pro Tag.
- Da die Fahrzeuge meist mit leerem Akku an die Lademöglichkeit angeschlossen werden und es sich tendenziell um Fahrzeuge mit größeren Akkukapazitäten handelt, werden vergleichsweise hohe Strommengen je Fahrzeug abgegeben.
- Aufgrund der höheren Zahlungsbereitschaft bei dringlichem und schwer substituierbarem Bedarf kann eine höhere Marge erzielt werden.
- Für Schnellladeinfrastruktur besteht an den Autobahnen ein Netzwerk, das stetig erweitert wird. Verschiedene Betreiber und Konsortien suchen nach neuen Flächen. Daher ist in diesem Bereich kein Handlungsdruck für die Stadt Brandenburg an der Havel gegeben.

Ladeinfrastruktur zur Steigerung des Kerngeschäftes - Normalladeinfrastruktur

- Ein Ladevorgang mit geringerer Ladeleistung führt bei gleicher Stromabgabemenge zu längeren Standzeiten der Fahrzeuge, wodurch die potenziell mögliche Anzahl von Ladevorgängen sinkt.
- Folglich kann an Stationen mit geringer Ladeleistung eine deutlich geringere Menge an Strom abgesetzt werden, als an Schnellladestationen.

- Normalladeinfrastruktur konkurriert mit dem Strompreis zu Hause, da sie, abgesehen von Urlaubsfahrten, eher auf alltäglichen Wegen und damit meist um den Wohnort genutzt wird³².
- Daher muss sich der Preis an der Ladestation am gegebenen Strompreis im Umfeld orientieren. Die Margen sind daher gering und aufgrund der meist längeren Standzeiten sind auch geringe Auslastungen zu erwarten.
- Die Refinanzierbarkeit allein über die Einnahmen durch die Ladevorgänge ist daher auch in Zukunft nur selten gegeben.
- Normalladeinfrastruktur bietet aufgrund dieser Rahmenbedingungen eher ein potenziell interessantes Kundenbindungs- und Kundenakquisitions-Instrument, wobei die Variationen zwischen reduziertem und kontingentiertem kostenfreien Laden liegen.
- Bisher wird dies meist durch die Stromversorger praktiziert, die ihren Kunden alles aus einer Hand anbieten möchten und so eine Differenzierung zum Wettbewerb und eine Bindung der Kunden erhoffen.
- Geschäftsmodelle, die eine wirtschaftliche Tragfähigkeit aufgrund größerer Umsätze im Kerngeschäft erwarten lassen, sind v.a. für Einzelhändler, Gastronomie und Übernachtungsbetriebe relevant. Auch für Freizeiteinrichtungen ergeben sich ähnliche Effekte.
- Vergleichbar sind diese Ansätze mit klassischen Tankstellen, die den größeren Teil der Gewinne aus dem Verkauf von Nicht-Kraftstoffen erwirtschaften.
- Die Verfügbarkeit von LIS an Destinationen wird von Elektro-PKW-Nutzern als zusätzlicher Service wahrgenommen und beeinflusst die Entscheidung der Nutzer bei der Wahl der Destination.
- Zukünftig wird die Verfügbarkeit von LIS von Kunden vorausgesetzt werden, wie z.B. WLAN in Hotels. Ihr Fehlen wird es als negativer Aspekt gewertet.

Für Betreiber ergeben sich folgende Vorteile:

- Hohe mediale Kommunikationseignung des Themas Ladinfrastruktur (Presse, Ladeverzeichnisse, Eintrag bei Google Maps, eigene Kundenkommunikation ...),
- Engagement im Bereich Nachhaltigkeit und Umweltbewusstsein,
- Positive Abstrahlung von Technologie und Nachhaltigkeit auf eigene Dienstleistung,
- Glaubhafte Verbindung mit regionalen Produkten, Erzeugung und ökologischem Image,
- Frühzeitige Marktbesetzung in der Umgebung,
- Ideale Kombination mit eigener PV- und Speicheranlage,
- Lademöglichkeiten für eigene Fahrzeuge, Mitarbeiter und Lieferanten,
- Kombination mit anderen Kundenbindungsprogrammen möglich,
- Günstige Kundengewinnung im Vergleich zu anderen Aktivitäten.

Über Nutzeranforderungen hinaus, sollten bei der Standortsuche auch folgende Anforderungen berücksichtigt werden:

³² Ladevorgänge bei Reisen müssen differenziert werden nach den Wegen, um den Urlaubsort zu erreichen und den Ladevorgängen vor Ort. Bei Ersteren wird Schnellladeinfrastruktur meist genutzt werden. Vor Ort wird dann Normalladeinfrastruktur, sofern komfortabel, d. h. ohne zusätzliche Wege oder sehr günstig nutzbar, eine hohe Relevanz besitzen.

- Bei Ladestationen im öffentlichen Raum: städtebauliche und rechtliche Aspekte (bspw. Denkmalschutz),
- Im (halb-)öffentlichen Raum: Netzanschluss, Nähe zum Verteilnetzpunkt, Ladeleistung von 22 kW realisierbar.

Einmalige Investitionen beginnen für Normalladeinfrastruktur bei etwa 1.000 € für einen einfachen Ladepunkt und ab ca. 20.000 € für Schnellladeinfrastruktur. Anschlusskosten (z.B. Tiefbauarbeiten) können die Kosten deutlich erhöhen. Zudem müssen jährliche Prüf- und Wartungskosten kalkuliert werden. Laufende wesentliche Kosten sind die abgegebenen Strommengen und, sofern diese erhoben werden sowie Entgelte für die Abrechnung.

Ladesäulenverordnung

Die Ladesäulenverordnung (LSV) definiert die technischen Mindestanforderungen an öffentlich zugängliche Ladesäulen aus rechtlich-regulatorischer Sicht.

- § 3 Mindestanforderungen an die technische Sicherheit und Interoperabilität³³
 - Ausstattung jeder AC-Ladesäule mit Steckdosen Typ 2,
 - Ausstattung von DC-Stationen mit Kupplungen des Typs Combo 2,
 - Weiterhin gelten die Anforderungen, insbesondere an die technische Sicherheit der Anlagen, gemäß EnWG.
- § 4 Ermöglichung des punktuellen Aufladens
 - Möglichkeit des Ladens ohne Authentifizierung oder mittels gängiger Zahlungssysteme bzw. Zahlungsverfahren oder gängiger webbasierter Systeme.

Damit spiegelt die LSV wesentliche Nutzeranforderungen nach einem barriere- und diskriminierungsfreien Zugang sowie der Möglichkeit einer einfachen Authentifizierung wider. Darüber hinaus sind Vorschriften zur Anzeige- und Nachweispflicht definiert:

- § 5 Anzeige und Nachweispflichten bei der Regulierungsbehörde³⁴
 - Bau einer Normal- oder Schnellladesäule muss mindestens vier Wochen vor dem geplanten Beginn des Aufbaus der Regulierungsbehörde angezeigt werden
 - Außerbetriebnahmen müssen sofort an die Regulierungsbehörde gemeldet werden
 - Schnellladepunkte, die vor eintreten der LSV in Betrieb genommen wurden, müssen die Anzeige bei der Regulierungsbehörde nachholen und zusätzlich die technischen Anforderungen anhand geeigneter Unterlagen nachweisen

Zusammenfassung

- ✓ Anforderungen an LIS sind vielfältig. Sie ergeben sich aus technischen und regulatorischen Aspekten, der Nutzer- und Betreibersicht und aus regionalen Rahmenbedingungen.
- ✓ Aus technischer Sicht muss die Netzanschlussleistung am Standort sowie die Möglichkeit der Erweiterung berücksichtigt werden. Die Verwendung von Ökostrom sollte möglich sein. Die Ladesäule muss für alle gängigen Fahrzeuge nutzbar sein, also im Bereich des Normalladens das Laden mit dem Typ 2 Stecker sowie im Schnellladebereich das Laden mit dem

³³ Verordnung über technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobilität

³⁴ Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahn

Combo-Stecker und dem Chademo-Stecker ermöglichen. Darüber hinaus ist eine Anbindung an ein IT-Backend über einen aktuell offenen Standard, bspw. OCPP, erforderlich.

- ✓ Rechtlich-regulatorische Anforderungen ergeben sich aus Vorgaben der Ladesäulenverordnung, dem EnWG und Eigentumsverhältnissen der Fläche, auf der LIS errichtet werden soll.
- ✓ Anforderungen der Nutzer werden durch das Mobilitäts- und Ladeverhalten bestimmt. Für das Laden von Elektrofahrzeugen ist es nicht nötig, separate Orte anzufahren. Reguläre Standzeiten des Fahrzeuges können im Tagesverlauf zum Laden genutzt werden. Ladesäulen sollten an frequentierten Orten des alltäglichen Bedarfs befinden, bspw. an Supermärkten, Sport- oder Freizeiteinrichtungen, und flexibel nutzbar sein. Die Bedienung der Ladesäulen muss barrierefrei, einfach und intuitiv sein, um eine Akzeptanz bei den Nutzern zu erreichen. Ladesäulen im (halb-)öffentlichen Bereich sollten jederzeit zugänglich sein und der Ladevorgang mindestens mit EC- oder Kreditkarte bezahlt werden können.
- ✓ Die Lademöglichkeit zu Hause ist für die meisten Nutzer die primäre Stromquelle, da sie zuverlässig verfügbar ist und das Fahrzeug über Nacht vollgeladen werden kann. Gleiches gilt für LIS beim Arbeitgeber, an der das Fahrzeug tagsüber vollgeladen werden kann.
- ✓ Aus Betreibersicht steht die wirtschaftliche Tragfähigkeit der LIS im Vordergrund. Sie ergibt sich bei Schnellladeinfrastruktur vorrangig durch hohe Stromabnahmemengen und einen höheren Preis pro kWh. Normalladeinfrastruktur dient dem Betreiber primär als Instrument zur Kundenbindung und -akquisition und zur Steigerung der Umsätze im Kerngeschäft.

4.2 Bedarfsprognose für Ladeinfrastruktur

E-PKW benötigen Ladeinfrastruktur. Ihre Anschaffung setzt meist einen Hauptladepunkt zu Hause oder an einem oft angesteuerten Punkt voraus. Alternativ sorgt ein Ladenetzwerk mit hoher Abdeckung für Ladesicherheit. Die Flächenabdeckung ist aktuell noch nicht im gewünschten Umfang gegeben. An allen hochfrequentierten Parkorten sollte daher auch Ladeinfrastruktur vorhanden sein. Schnellladeinfrastruktur ist an großen Verkehrsachsen mittlerweile gut ausgebaut, auch wenn im Land Brandenburg noch einige Lücken bestehen.

Für die Ladeinfrastruktur ausbauenden Unternehmen stellt die wirtschaftliche Komponente eine große Herausforderung dar. Der langsame Markthochlauf führt zu einer geringeren Anzahl von potentiellen Nutzern. Zudem besteht hinsichtlich der Preissetzung eine große Unsicherheit. Und öffentliche Ladeinfrastruktur muss u.a. eichrechtskonform sein.

Diese Anforderungen führen zu deutlich erhöhten Bereitstellungskosten gegenüber ggf. vorhandener eigener Ladeinfrastruktur. Diese gilt aber hinsichtlich der Preissetzung als Referenz. Schnelllader verursachen deutlich höhere Kosten. Damit können sich sehr große Preisunterschiede ergeben, die bisher beim Kraftstoff nicht üblich waren. Der Strombezug zu Hause aus eigenerzeugten PV Strom kann bei 12 Cent je kWh liegen, der Preis an einem Hochgeschwindigkeitsschnelllader inkl. Steuern bei bis zu 90 Cent je kWh. Für wenige längere Strecken wird eine hohe Zahlungsbereitschaft vorhanden sein um die Ladezeit kurz zu halten. An Zielen mit mehr Standzeit stellt eine geringere Ladegeschwindigkeit bei geringeren Kosten die optimale Lösung dar.

Der wahrgenommene Mangel an Ladeinfrastruktur soll behoben und relevante Standorte besetzt werden. Eine detaillierte Standortanalyse und Bedarfsprognose kann die Planungssicherheit erhöhen, indem eine höhere Auslastung und eine bessere Dimensionierung des Netzanschlusses erreicht werden. Und ein geeigneter Standort verbessert die Erreichbarkeit und Wahrnehmung durch den Nutzer.

Städte und Gemeinden bekommen durch die Kenntnis der räumlichen Verortung des zu erwartenden Ladebedarfes die Möglichkeit, den Ausbau der LIS bedarfsorientiert und proaktiv zu ge-

stalten. Die Prognose des räumlich und zeitlich differenzierten Ladebedarfes dient den Kommunen als Steuerungsinstrument und ermöglicht die gezielte Abdeckung von Standorten zum Zeitpunkt der steigenden Nachfrage. Der Ausbau wird meist in Zusammenarbeit mit den lokalen Netzbetreibern bzw. Stadtwerken oder durch Dritte durchgeführt, anstatt durch die Kommunen selbst. Dennoch kommt den Städten und Gemeinden eine koordinierende Rolle zu, um einer ungleichen bzw. nicht dem Bedarf entsprechenden Abdeckung entgegenzuwirken und ggf. Akteure für den weiteren Ausbau und Betrieb von LIS zu sensibilisieren.

4.2.1 Methodik

Die Detailanalyse zum Bedarf an Ladeinfrastruktur (LIS) vermittelt einen Überblick zum aktuellen Stand und der zu erwartenden Entwicklung der Elektromobilität in der Stadt Brandenburg an der Havel. Es wurden der Markthochlauf von Elektrofahrzeugen und die daraus resultierende Anzahl an Ladevorgängen berechnet.

Unter Einbeziehung bestehender Ladestationen werden Standortpotentiale für den weiteren Ausbau dargestellt und der Bedarf an Ladesäulen ermittelt. Darüber hinaus erfolgt eine Abschätzung des Strombedarfs und der lokalen Schadstoffemission, welche sich aus der Elektrifizierung des motorisierten Individualverkehrs ergeben.

Um eine räumlich differenzierte Abschätzung zum Markthochlauf und dem damit verbundenen Ladebedarf durchführen zu können, wurde das Standortmodell für Ladeinfrastruktur *GISeLIS* entwickelt. Das Modellkonzept besteht aus drei Stufen (vgl. Abbildung 11).



Abbildung 11: Funktionsweise des Standortmodelles für Ladeinfrastruktur *GISeLIS*

1) Prognose zur Anzahl und räumlichen Verteilung der E-PKW

Der Markthochlauf von E-Pkw wird durch eine Vielzahl an Einflussfaktoren bestimmt. Seine Entwicklung lässt sich daher nur schwer zuverlässig abschätzen. Dies zeigt die derzeitige Bandbreite an Szenarien von Studienergebnissen zum Markthochlauf (vgl. Abbildung 12).

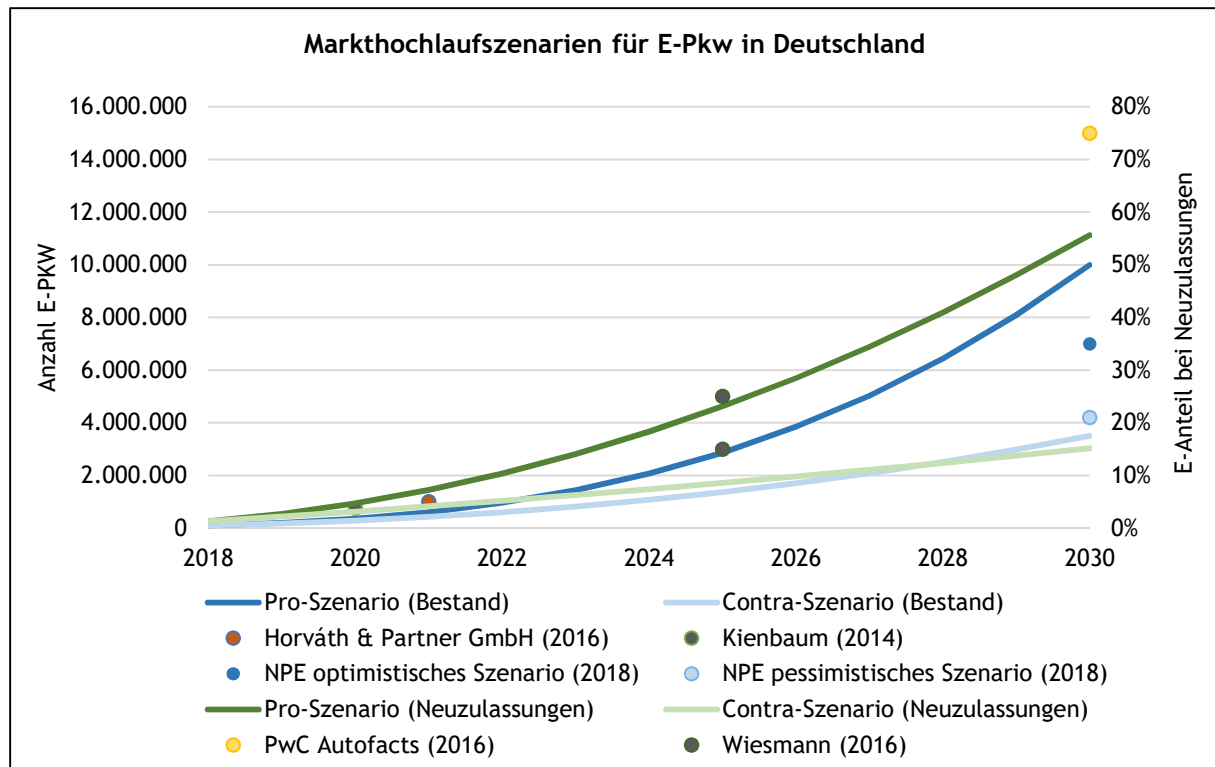


Abbildung 12: Markthochlauf von E-Pkw in Deutschland im Teilszenario A (Pro-Szenario) und B (Contra-Szenario)

Die wesentlichen Einflussfaktoren zur Prognose des Markthochlaufes sind:

- Produktionskapazitäten an Elektrofahrzeugen und deren Bestandteile (Batterien etc.)
- Flottenverbräuche und die Wertung von PHEV (Plugin Hybrid-Fahrzeugen)
- Vorgaben und Kaufanreize in den Zielmärkten der Automobilunternehmen
- Anreize der Fahrzeughändler in deren Herstellerverträgen
- Akzeptanz bei den Verbrauchern

Vorhandene Ladeinfrastruktur stellt auch eine Einflussgröße dar. Betrachtet man die Nutzer von LIS bzw. die Elektrofahrzeughalter, so zeigt sich ein heterogenes Bild.

Das Potential an Käufergruppen, die bereits über eigene Ladeinfrastruktur als primären Ladepunkt verfügen bzw. diesen relativ einfach installieren können, erscheint hoch. 64 % von insgesamt 5 Millionen neu zugelassenen Fahrzeugen³⁵ im Jahr werden von Firmen gehalten. Und gut ein Drittel der Haushalte mit überdurchschnittlicher Fahrzeuganzahl lebt in Ein- und Zweifamilienhäusern.³⁶ Sie stellen zu Beginn die Zielgruppe dar, die sich zukünftig auf alle Segmente ausweiten wird.

Um die Unsicherheit im Prognosemodell zu berücksichtigen, wurden zwei Szenarien entwickelt. Neben den absoluten Zahlen an E-Pkw, ist für eine Modellierung des Ladebedarfes der Anteil der unterschiedlichen Fahrzeugkonzepte (BEV und PHEV) relevant, weshalb dieser Aspekt ebenfalls in den Szenarien berücksichtigt wurde. Auch die zur Verfügung stehenden Produktions- und

³⁵ Vgl. KBA 2018 https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Halter/2018_n_halter_dusl.html;jsessionid=B6B11A8EFA71AA2CD02C7F8F0F962AC5.live11293?nn=652344

³⁶ Statistische Bundesamt, 2019 <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/Tabellen/liste-haushaltsstruktur.html>

Akkukapazitäten am Markt fließen ein. Daraus wurden die folgenden zwei Szenarien als obere und untere „Leitplanke“ abgeleitet:

- Das Pro-Szenario geht von schnell fallenden Batteriekosten und damit sinkenden Fahrzeugkosten bzw. steigenden Reichweiten sowie verschärften CO₂-Grenzwerten aus, was zu einem hohen elektrischen Neuzulassungsanteil in Deutschland von 56 % bis 2030 führt. Aufgrund der geringen Batteriekosten und einem zügigen flächendeckenden Aufbau eines europaweiten Schnellladenetzes werden PHEV langfristig aus dem Markt verdrängt und daher reine BEV bis 2030 mit 90 % den E-Neuwagenanteil dominieren.
- Das Contra-Szenario geht von einer nur geringen Kostenreduktion bei der Batterieherstellung, konstanten fossilen Kraftstoffpreisen und nochmals verbesserten konventionellen Antrieben aus, wodurch CO₂-Grenzwerte eingehalten werden können. Dies führt zu einem langsamen Markthochlauf bei einem elektrischen Neuzulassungsanteil von 15 % bis 2030. Aufgrund der ungünstigen Rahmenbedingungen für Elektromobilität werden sich PHEV als technologischer Kompromiss am Markt etablieren können, weshalb von einem Marktanteil der PHEV von 50 % am E-Neuwagenanteil ausgegangen wird.
- Aus den beiden Extremszenarien wurde mittig zwischen diesen beiden ein drittes „erwartetes Szenario“ errechnet. Es dient im weiteren Verlauf als Grundlage für Prognosen und stellt für die Erstausrüstung der Ladeinfrastruktur den Orientierungsrahmen dar (siehe auch Abb. 12).

Der Bestand an E-Pkw variiert derzeit in Deutschland räumlich sehr stark (vgl. Abbildung 13). Grund dafür sind räumlich unterschiedliche Voraussetzungen für die Möglichkeiten und Motivationen zum Kauf eines E-Pkw wie Einkommen, Umweltbewusstsein und Lademöglichkeiten. Da diese räumliche Heterogenität im E-Pkw-Bestand auch zukünftig erwartet wird, basiert das Prognosemodell auf einem kleinräumigen Bewertungsverfahren zur Abschätzung der Wahrscheinlichkeit für den Besitz eines E-Pkw.

Das Bewertungsverfahren berücksichtigt die finanzielle Möglichkeit zum Kauf eines E-Pkw, das potenzielle Interesse an Elektromobilität sowie die Möglichkeit zum Laden.

Die Bestandsentwicklung von Pkw der letzten Jahre und die Bevölkerungsprognose der Stadt Brandenburg an der Havel finden ebenfalls Eingang. Der prognostizierte Motorisierungsgrad in Deutschland³⁷ bis zum Jahr 2030 sowie individuelle Prognosen für Brandenburg an der Havel werden berücksichtigt. Eine langfristig abnehmende Motorisierungsquote wird insbesondere durch Sharing-Angebote, neue Mobilitätsdienstleistungen sowie ein sich veränderndes Mobilitätsverhalten getragen.

³⁷ vgl. shell.de 2009

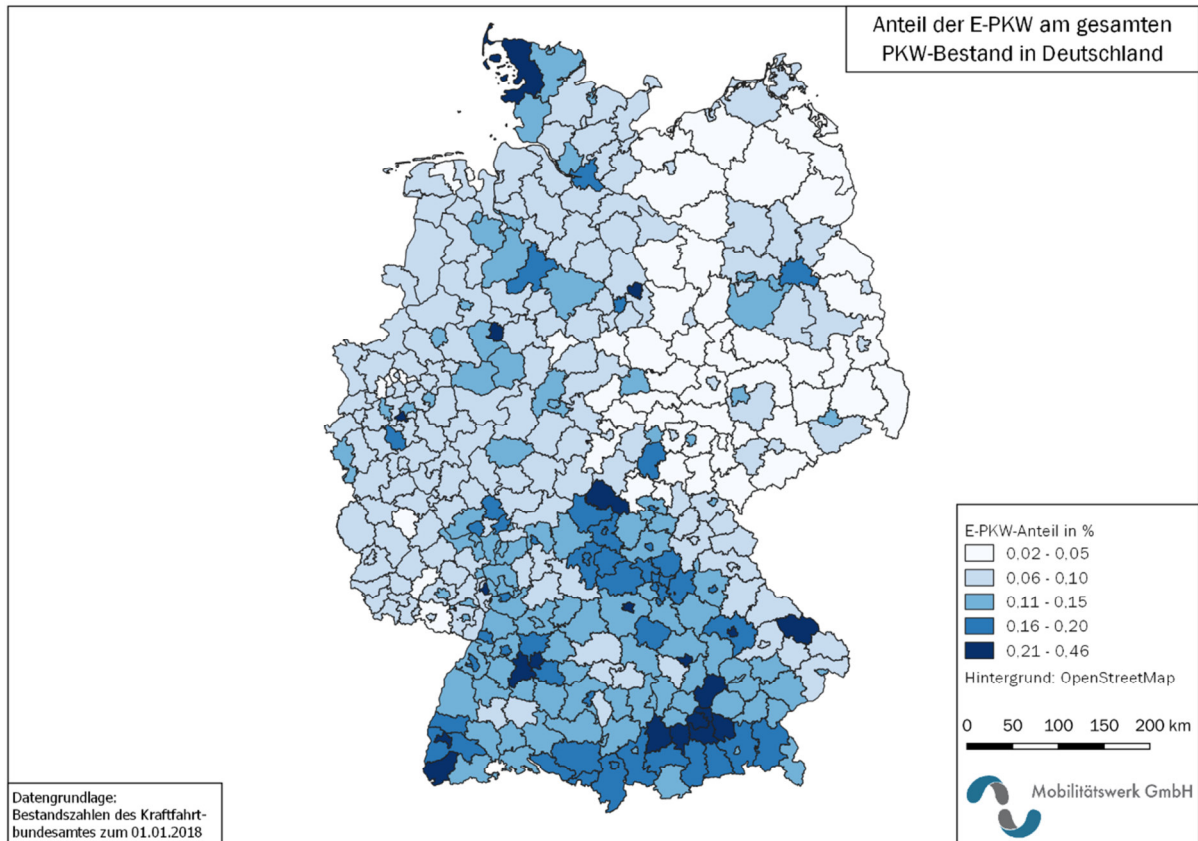


Abbildung 13: Anteil der E-Pkw am Pkw-Bestand in Deutschland

2) Auswertung des Mobilitäts- und Ladeverhaltens

Im zweiten Schritt wird für jeden E-Pkw (unterschieden nach BEV und PHEV), in Abhängigkeit von der Siedlungsstruktur (Kernstadt, Umland oder ländlicher Raum), die mittlere Anzahl an Wegen, differenziert nach Wegezweck und -länge, berechnet. Primäre Grundlage dafür ist die Verkehrserhebung *Mobilität in Deutschland 2008*. Aus einer Befragung von E-Pkw-Fahrern konnte abgeleitet werden, wie häufig öffentliche bzw. halböffentliche LIS pro Weg, in Abhängigkeit von der Weglänge, verwendet wird.³⁸ In Kombination mit der Aufenthaltsdauer kann so für jede Wegekombination die Wahrscheinlichkeit für einen Ladevorgang abgeschätzt werden. Da gewerblich zugelassene Elektrofahrzeuge häufig als Flottenfahrzeuge betrieben werden und oft über eigene LIS verfügen, werden diese differenziert betrachtet.

3) Standortanalyse (räumliche Verteilung der Ladevorgänge)

Diese klassifizierten Wege bzw. Ladevorgänge werden anhand eines zweiten Bewertungsverfahrens auf die umliegenden Gemeinden und Städte verteilt. Dabei wird jede Gemeinde bzw. Stadt hinsichtlich ihrer Attraktivität bezüglich eines Wegezweckes bewertet. Beispielsweise wird die Attraktivität für den Wegezweck *Freizeit bzw. Tourismus* durch die Anzahl an Freizeiteinrichtungen, Cafés und Restaurants bei *OpenStreetMap*, touristischen Übernachtungen sowie Einträgen und Rezensionen bei *Tripadvisor* abgebildet. Neben dem Laden am Zielort und dem Gelegenheitsladen, wird auch der Bedarf von Anwohnern, Beschäftigten und Pendlern sowie das Potential für privates Laden analysiert. Daraus ergibt sich eine Differenzierung der Ladevorgänge an:

³⁸ vgl. Vogt/Fels 2017

- der privaten Lademöglichkeit am Wohnort (Wallbox),
- Ladestationen für Anwohner (im öffentlichen und halböffentlichen Straßenraum),
- (halb-)öffentlichen Ladestationen mit AC-Technologie (Normalladen),
- (halb-)öffentlichen Ladestationen mit DC-Technologie (Schnellladen) sowie
- Ladestationen beim Arbeitgeber
- (betriebliches Laden von Unternehmen)

Je nach regionalen Gegebenheiten, variieren die Anteile der Ladearten. Gebiete mit einem hohen Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern weisen bspw. aufgrund der Verfügbarkeit privater Stellplätze einen höheren Anteil privater Ladevorgänge auf. Stadtgebiete, in deren Nähe sich Autobahnraststätten oder Autohöfe befinden, haben einen höheren Anteil an Schnellladevorgängen. Innenstadtgebiete mit einer überörtlichen Versorgungsfunktion oder frequentierten Sehenswürdigkeiten, bzw. Ausflugszielen, weisen typischerweise einen hohen Anteil an (halb-)öffentlichen Normalladevorgängen auf.

4.2.2 Ergebnisse

Für die Stadt Brandenburg an der Havel wurde eine räumlich detaillierte und zeitlich differenzierte Prognose des Bedarfes an Ladeinfrastruktur vorgenommen. Diese Prognose schließt öffentliche sowie halböffentliche Normal- und Schnellladevorgänge sowie das Anwohner-, Privat- und Arbeitgeberladen ein.

Wo Ladevorgänge durchgeführt werden, unterscheidet sich je nach Verfügbarkeit von LIS am Wohnort und beim Arbeitgeber, dem persönlichen Mobilitätsverhalten und der Attraktivität der öffentlich zugänglichen LIS im Umfeld. Da die Fläche im öffentlichen Raum limitiert ist und die Lademöglichkeit am Wohnort für die Mehrheit der EV-Besitzer der wichtigste Ladeort ist, kommt der Errichtung im privaten Raum eine hohe Bedeutung zu.

Elektrofahrzeuge

Für die Stadt Brandenburg an der Havel steigt im die Anzahl der E-Pkw von derzeit 66 (Stand 01.01.2019) im Jahr 2020 zunächst langsam auf 158 an. Im „erwarteten Szenario“ (rote Linie in Abb. 14) ergeben sich bis 2030 für die Stadt Brandenburg an der Havel 3.297 E-Pkw, was einem E-Pkw-Anteil von 10,7 % entspricht (Vergleich: bundesdeutscher Durchschnitt von 12,9 %). Da die geringe Neuzulassungsquote in Brandenburg an der Havel von 6,8 % unter dem bundesdeutschen Durchschnitt von 7,2 % liegt, verzögert sich der Markthochlauf leicht.

Eine gute Bahnanbindung an Potsdam und Berlin sowie erwartete neue Mobilitätsangebote³⁹ führen, trotz wahrscheinlich stabiler Bevölkerungsentwicklung, zu einem leichten Rückgang der Gesamtanzahl an Pkw. Der gesamte Pkw-Bestand in Brandenburg an der Havel wird auf 30.603 Pkw im Jahr 2030 prognostiziert. In Abbildung 14 sind die absoluten Zahlen in den Balken dargestellt. Der Anteil am gesamten Pkw-Bestand wird für alle Szenarien abgebildet.

Plug-In Hybride stellen eine Übergangslösung im Markthochlauf der Elektrofahrzeuge dar, da der Einbau von zwei Antriebstechnologien auf Dauer teurer ist und die Fahrzeugpreise für reine Elektrofahrzeuge sinken werden. Kurzfristig bieten sie jedoch Vorteile, da kurze Wege elektrisch zurückgelegt werden können und für längere Strecken keine Reichweitenangst besteht.

³⁹ CarSharing, Mietwagenmodelle, Pedelec, Leihräder etc.

Käuferinnen und Käufer steht außerdem die Umweltprämie zu. Zusätzlich sind diese Fahrzeuge für die Automobilhersteller zur Erfüllung der Flottenverbrauchsgrenzen interessant, weil sie einfacher hergestellt und abgesetzt werden können. Bis 2030 werden sie einen relevanten Anteil der Neuzulassungen ausmachen, danach jedoch aus Gründen des Realverbrauchs nach und nach aus dem Markt ausscheiden.

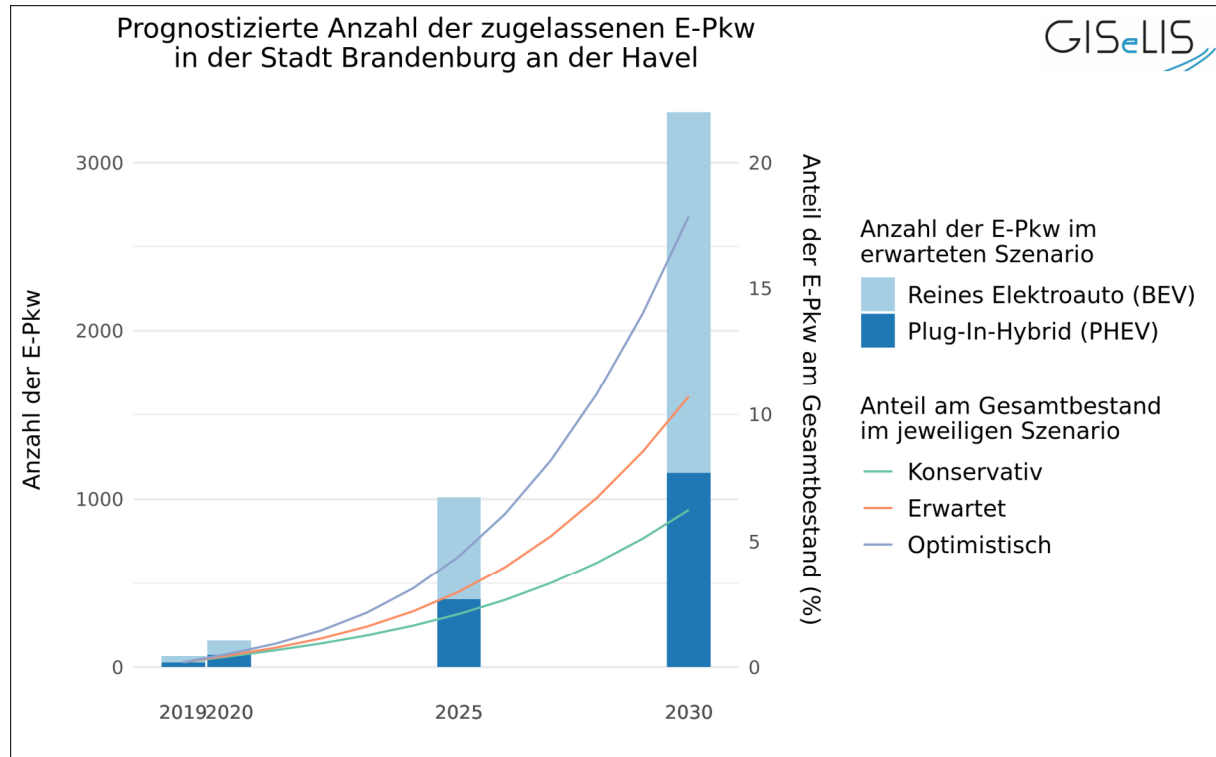


Abbildung 14: Prognostizierte Anzahl der privat und gewerblich zugelassenen E-PKW In Brandenburg an der Havel (unterschieden nach Antriebsart im erwarteten Szenario) sowie der Anteil der E-PKW am gesamten PKW-Bestand in % (für jedes Szenario)

Basierend auf dem Neuzulassungsanteil für Pkw von 6,8 % in Brandenburg an der Havel, der Entwicklung des Pkw-Bestandes und der Haltedauer der Fahrzeuge ergeben sich in den jeweiligen Jahren folgende Werte zur Entwicklung des Markthochlaufes von E-Pkw.

Die Haltedauer eines Pkw beträgt im Bundesschnitt 9,5 Jahre, Im Land Brandenburg weisen die Pkw die bundesweit längste Haltedauer von 10 Jahren auf⁴⁰. Da die Batterien eines Elektroautos mit zunehmender Kilometeranzahl und Alter geringere Reichweiten zeigen, wird von geringeren Haltedauern von etwa 8 Jahren ausgegangen. Für den Bestand hat dies Relevanz da Fahrzeuge im Betrachtungszeitraum bis 2030 auch „wiederbeschafft“ werden. Aktuell zugelassene E-Pkw treten somit wieder aus dem Markt aus.

⁴⁰ Vgl. KBA, 2019b

Tabelle 4: Entwicklung des Markthochlaufes von E-Pkw anhand Neuzulassungen- und Bestandszahlen

		01.01.2019	01.01.2025	01.01.2030
Bestand	Anzahl Pkw	34 241	35 600	30 603
	Anzahl E-Pkw	66	1 012	3 297
	Anteil E-Pkw	0,2 %	2,8 %	10,7 %
Neuzulassungen	Anzahl Pkw	2 353	2 246	2 103
	Anzahl E-Pkw	22	450	900
	Anteil E-Pkw	0,001 %	18,4 %	42,8 %

Ladevorgänge:

Die zu erwartende Anzahl an Ladevorgängen (LV) resultiert im Wesentlichen aus der prognostizierten Anzahl an E-Pkw, dem beobachtetem Mobilitätsverhalten sowie einer detaillierten Analyse der Wegeziele (z. B. Einkaufszentren, Schwimmbäder, Hotels u.v.m.). Touristischer Verkehr und Durchgangsverkehr werden ebenfalls berücksichtigt.

Die prognostizierte Anzahl der täglichen LV ergibt sich aus allen LV an:

- der privaten Lademöglichkeit am Wohnort (Wallbox)
- Ladestationen für Anwohner (im öffentlichen und halböffentlichen Straßenraum)
- (halb-)öffentlichen Ladestationen mit AC-Technologie (Normalladen)
- (halb-)öffentlichen Ladestationen mit DC-Technologie (Schnellladen)
- Ladestationen beim Arbeitgeber sowie
- Laden von gewerblichen Pkw auf dem Firmengelände

Je nach den Gegebenheiten und dem Anteil der Elektrofahrzeuge variieren die Anteile der Ladearten. Stadtteile mit einem hohen Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern weisen aufgrund der Verfügbarkeit privater Stellplätze einen höheren Anteil an privaten Ladevorgängen auf. Stadtteile mit erhöhtem Durchgangsverkehr haben einen höheren Anteil an Schnellladevorgängen.

Gebiete mit überörtlichen Versorgungsfunktion und frequentierten Sehenswürdigkeiten/Ausflugszielen weisen einen hohen Anteil an (halb-)öffentlichen Normalladevorgängen auf.

Insgesamt werden 29 % der Ladevorgänge im öffentlichen Raum stattfinden. 10 % der gesamten Ladevorgänge verteilen sich auf das Anwohnerladen und 17 % auf das Laden im (halb)öffentlichen Raum.

Der hohe Anteil des privaten Ladens von 71 % ist auch durch Flottenfahrzeuge bedingt, die betrieblich laden.

Lademöglichkeiten am Wohnort

Das Laden am Wohnort wird unterschieden in Anwohnerladen, also das Laden an (halb)öffentlicher LIS durch Anwohner, und das private Laden an der eigenen Wallbox. Die Lademöglichkeit am Wohnort ist für die Mehrheit der Nutzer der wichtigste Ladeort. Daraus ergeben sich zwei Schlussfolgerungen:

1. Da die Verfügbarkeit von öffentlicher LIS in Wohngebieten noch sehr gering ist, stellt der Ausbau in diesen Quartieren eine wichtige Voraussetzung für den Markthochlauf dar.
2. Begünstigend wirken sich die Verfügbarkeit eines privaten Stellplatzes und damit die Möglichkeit zur Installation einer Wallbox aus. Durch den geringen Anteil von Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern in der Stadt Brandenburg an der Havel von 25 % (Bundesdurchschnitt: 45 %) ⁴¹, verfügt nur ein geringer Anteil der Einwohner über die Möglichkeit zur Installation einer privaten Lademöglichkeit (vgl. Abbildung 15).

Im folgendem 100 x 100 m Raster sind die Verteilung und Anzahl von Mehrfamilienhäusern und Ein- und Zweifamilienhäusern sowie deren potentielle Stellplatzverfügbarkeit, welche einen entscheidenden Faktor zur Errichtung und Anschaffung einer privaten LIS hat, dargestellt.

Entsprechend gering wird die Anzahl der täglichen Ladevorgänge an heimischer privater LIS bis zum Jahr 2030 prognostiziert (vgl. Abbildung 16):

- Es werden ca. 236 Ladevorgänge pro Tag erwartet. Dies entspricht einer Strommenge von ca. 2.050 MWh im Jahr 2030.

Da sich das private Laden am Strompreis für Privatkunden orientiert, können die Ladevorgänge, insbesondere im Markthochlauf, durch preiswerte oder kostenfreie halböffentliche LIS in geringem Umfang substituiert werden.

Für ca. 75 % der Bevölkerung in der Stadt Brandenburg ohne eigenen Stellplatz in Privatbesitz sinkt die Wahrscheinlichkeit für die Anschaffung eines E-Pkw, falls sich keine LIS in der Nähe des Wohnortes befindet. Aktuell betrifft dies die privaten Halter von etwa. 25 500 Pkw ⁴². Unter der Voraussetzung verfügbarer LIS am Wohnort, wird bis 2030 folgende Anzahl an Ladevorgängen von Anwohnern ohne einen Stellplatz erwartet (vgl. Abbildung 16):

Die Ladevorgänge werden somit im halböffentlichen bis öffentlichen Raum oder beim Arbeitgeber stattfinden müssen. Da der Ladebedarf nicht durch Ladepunkte an POI/POS in direkter Umgebung zu decken ist, muss die Errichtung von Anwohner-LIS in den Wohngebieten erfolgen. Der Ausbau sollte insbesondere in weniger verdichteten Bereichen der Wohnquartiere in enger Abstimmung mit den Bewohnern erfolgen. Die Anzahl der Ladevorgänge durch Anwohner orientiert sich an der Anzahl der Bewohner, der Stellplatzverfügbarkeit und bereits bestehender LIS in Nähe zum Wohnort. ⁴³

- Es werden 105 Ladevorgänge pro Tag durch Anwohnerladen erwartet. Dieser Wert wird aufgrund der Annahme verfügbarer LIS am Wohnort tendenziell als Obergrenze gesehen.
- Aus den erwarteten Ladevorgängen ergibt sich ein mittlerer Strombedarf von ca. 712 MWh im Jahr 2030

⁴¹ Statistisches Bundesamt, Bautätigkeit und Wohnen. Bestand an Wohnungen 12/2018

⁴² Dieser Wert wird als Obergrenze gesehen, da die Anzahl der Pkw pro Haushalt in Ein- und Zweifamilienhäusern deutlich über der von Haushalten in Mehrfamilienhäusern liegt.

⁴³ Zudem wurden quartiersspezifische Unterschiede des Miet- und Grundstückspreises berücksichtigt.

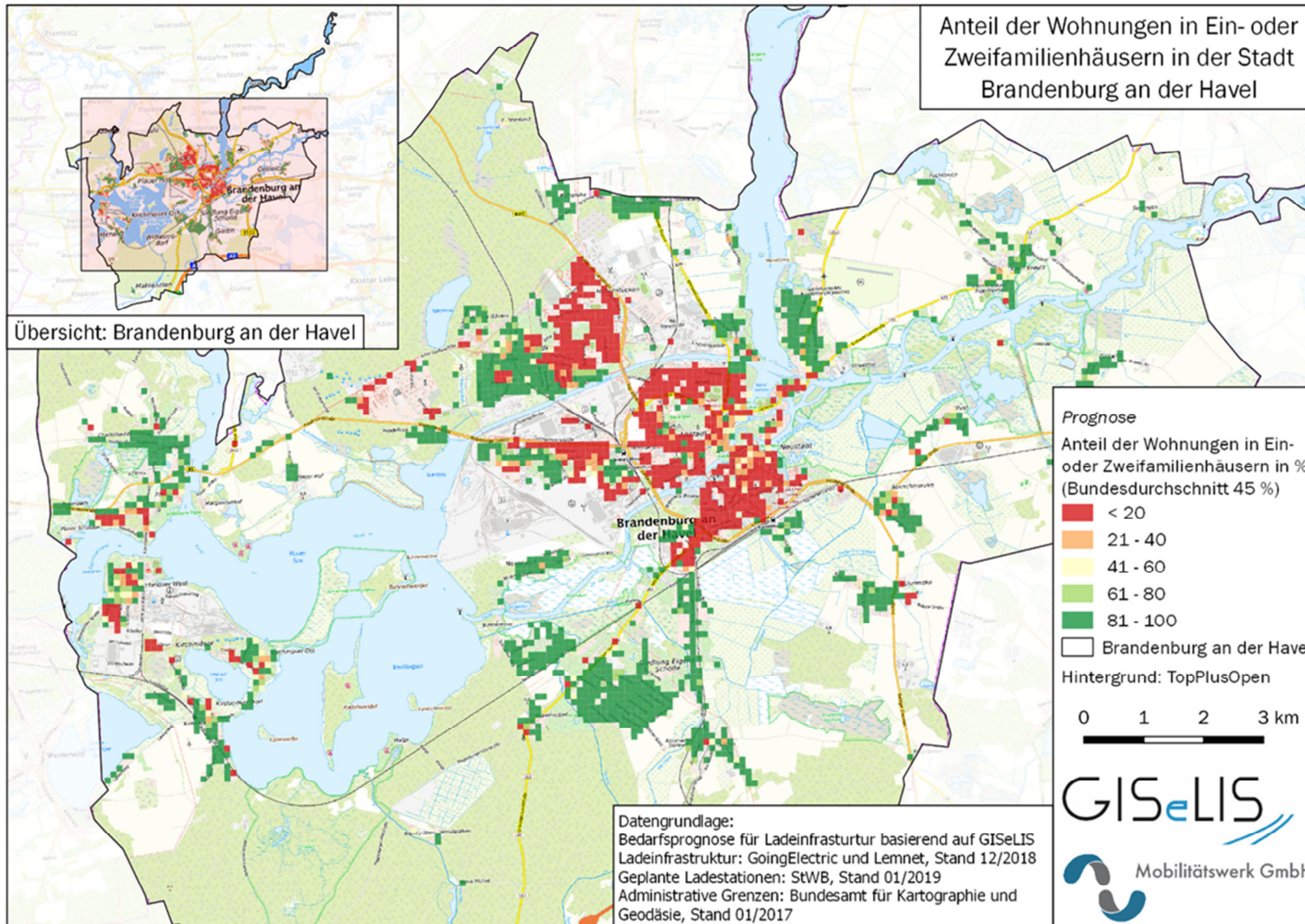


Abbildung 15: Anteil Wohnungen in Ein- oder Zweifamilienhäusern in der Stadt Brandenburg an der Havel

Halb-) öffentliche Normalladevorgänge bis 22 kW (AC)

Aus der Prognose der öffentlichen Normalladevorgänge ergeben sich variable Werte, die sich durch attraktive Angebote, wie z. B. kostenfreies Laden oder Freizeit- und Einkaufsmöglichkeiten in der Umgebung der Standorte, deutlich erhöhen bzw. bei schlechten Rahmenbedingungen reduzieren können. Ladebedarf ist variabel und kann auch an andere Orte oder an den Heimladepunkt verlegt werden. Zudem können Ladevorgänge aufgeteilt werden, sodass bei Gelegenheit geringe Mengen an Strom nachgeladen werden, obwohl dies nicht notwendig ist (Gelegenheitsladen). Entscheidend sind die Verfügbarkeit und ggf. die Kosten für einen Ladevorgang.

Für die Prognose der (halb-)öffentlichen AC-Ladevorgänge im Jahr 2030 ergeben sich für Brandenburg an der Havel folgende Ergebnisse (vgl. Abbildung 16):

- In Summe beträgt der Durchschnitt der täglichen Normalladevorgänge pro Tag ca. 167. Daraus resultiert ein mittlerer Strombedarf von 684 MWh im Jahr 2030.

(Halb)öffentliche Schnellladevorgänge mit mindestens 50 kW (DC)

Der Schnellladung kommt durch die hohe Ladeleistung und damit verbundene kurze Ladedauern bzgl. der Reichweitenertüchtigung eine wichtige Rolle zu. Im Prognosezeitraum wird Ladeinfrastruktur auch mit deutlich höheren Ladeleistungen bis zu 350 kW erwartet. Für die Prognose der Schnellladevorgänge im Jahr 2030 ergeben sich für Brandenburg an der Havel folgende Ergebnisse (vgl. Abbildung 16):

- Für das Schnellladen zeigt sich ein dem Normalladen grundsätzlich ähnliches Bild, jedoch mit deutlich weniger Ladevorgängen. So sind im Durchschnitt 13 Schnellladevorgänge pro Tag zu erwarten. Die Spannweite liegt hier je nach Szenario zwischen sechs Ladevorgängen als Minimum und 20 Ladevorgängen als Maximum. Der damit verbundene Strombedarf beträgt im Mittel 120 MWh im Jahr 2030.
- Schnellladevorgänge können zu geringen Anteilen durch attraktive Tarife von Raststätten hin zu Pol bzw. PoS in der Nähe von Autobahnabfahrten gelenkt werden. Dadurch ergeben sich auch dort Ladevorgänge. Aufgrund der hohen Distanz von ca. 8 km zwischen der Anschlussstelle Brandenburg (A 2) und der Innenstadt Brandenburgs, die den nächst gelegenen POI/ POS darstellt, ist die Umwegbereitschaft gering.
- Je nach Anteil von PHEV, Reichweiten von BEV und Gebühren an Schnellladepunkten kann die Anzahl der Ladevorgänge von den Prognosen abweichen.

Laden am Arbeitsplatz

Das Laden beim Arbeitgeber ist nach dem privaten Laden am Wohnort der attraktivste Ladeort für private Nutzer. Für die Prognose der Ladevorgänge beim Arbeitgeber im Jahr 2030 ergeben sich für Brandenburg an der Havel folgende Ergebnisse (vgl. Abbildung 16):

- Für das Arbeitgeber-Laden werden 140 Ladevorgänge pro Tag erwartet. Daraus resultiert ein Strombedarf von ca. 574 MWh im Jahr 2030.

Der Ladebedarf am Arbeitsplatz in Brandenburg an der Havel ergibt sich auch aus den PHEV, deren elektrische Reichweite im Vergleich zur täglichen Fahrtstrecke geringere Reserven aufweist. Durch Arbeitgeber-LIS kann daher der elektrische Fahranteil von PHEV erhöht werden. Andererseits ist für E-Pkw-Nutzer ohne Lademöglichkeit am Wohnort der Arbeitsplatz der wichtigste Ladeort und meist Voraussetzung für die Anschaffung eines Elektrofahrzeugs. Die prognostizierte Anzahl der Ladevorgänge am Arbeitsplatz hängt daher sehr stark von der Initiative der Arbeitgeber ab.

Der große Vorteil für die Stromabnahme beim Arbeitgeber liegt darin, dass die Fahrzeuge in der Woche überwiegend zu den Spitzenzeiten der Photovoltaikerzeugung laden können und meist rund acht Stunden lang auf dem Parkplatz stehen. Zudem besteht durch die aktuelle steuerliche

Beurteilung des Arbeitgeberladens eine hohe Attraktivität, da eine Abgabe durch den Arbeitgeber auch ohne Netznutzungsentgelte erfolgen kann.

Betriebliches Laden

Das betriebliche Laden beschreibt das Laden von gewerblich zugelassenen E-Pkw auf dem Firmengelände. Für die Prognose im Jahr 2030 ergeben sich für Brandenburg an der Havel folgende Ergebnisse (vgl. Abbildung 16):

- In Summe beträgt der Durchschnitt der täglichen Normalladevorgänge pro Tag ca. 320. Daraus resultiert ein mittlerer Strombedarf von 6.940 MWh im Jahr 2030.
- Dies entspricht ca. 1/3 aller Ladevorgänge in Brandenburg an der Havel

Für den sehr hohen Anteil an betrieblichen Ladevorgängen gibt es drei Gründe:

1. Die Jahresfahrleistung von gewerblichen Pkw liegt mit ca. 24.500 km deutlich über der von privaten Nutzern mit 12.300 km. Damit sind entsprechend auch der Stromverbrauch und die Anzahl der benötigten Ladevorgänge höher.
2. Der Anteil der gewerblichen Halter ist bei E-Pkw sehr hoch (bei BEV 49 % und bei PHEV 58 %). Dieser Anteil wird sich in den kommenden Jahren verringern, jedoch weiterhin über dem Anteil gewerblicher Halter am gesamten Pkw-Bestand von 10 % liegen.
3. Die Ladeorte von privat genutzten Pkw können sehr divers sein. Gewerbliche Pkw hingegen werden meist so beschafft, dass die Akkukapazitäten für die tägliche Nutzung ausreichen und das Laden aus Kostengründen am Unternehmensstandort durchgeführt werden kann. Nur ein geringer Anteil der Dienstwagen wird (im Rahmen der privaten Nutzung) am Wohnort oder an (halb)öffentlicher LIS geladen.

Insbesondere bei betrieblichem Laden kann es bei der Prognose zu größeren Abweichungen kommen, da sich das Fuhrparkmanagement weniger großer Unternehmen oder Behörden vor Ort wesentlich auf die Gesamtzahl der zugelassenen E-Pkw auswirkt. Spezifische Bedarfe können daher von den Prognosen abweichen.

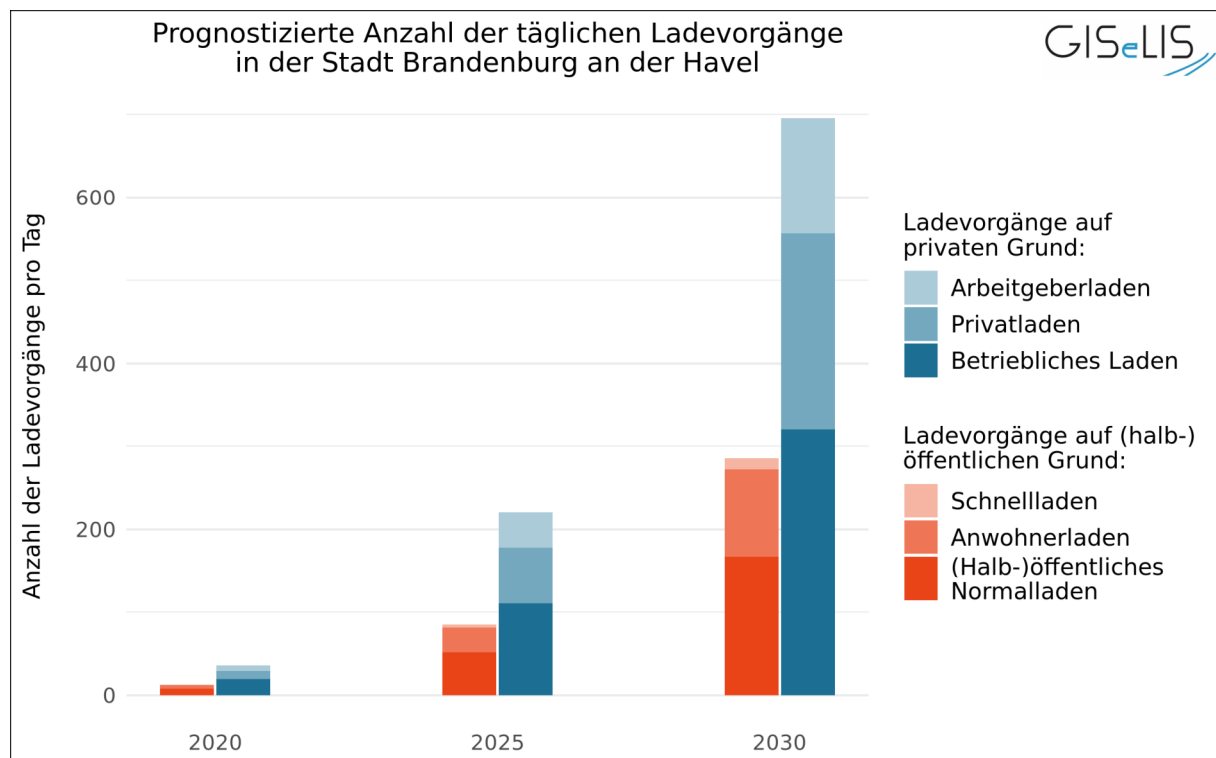


Abbildung 16: Prognostizierte Ladevorgänge im Zeitverlauf differenziert nach Ladeart

Zusammengefasst verteilen sich die zu erwartenden Ladevorgänge pro Tag wie folgt:

Tabelle 5: Prognose der erwarteten Ladevorgänge pro Tag

Jahr	Privat-laden	Anwohnerla-den	Arbeitgeberla-den	(halb-)öffentli-ches La-den	Schnella-den	Betriebli-ches Laden
2020	10	4	2	8	1	19
2025	68	30	43	51	4	110
2030	236	105	140	167	13	320

Bei der Anzahl von Ladevorgängen handelt es sich um den erwarteten Mindestbedarf. Eine höhere Anzahl an Ladevorgängen ist durchaus möglich. Ein Ausbau von LIS über diese Werte hinaus, erhöht den Komfort für EV-Besitzer und die Wahrnehmung, so dass Reichweitenbedenken abgebaut werden können.

Modellierung des kleinräumigen Standortpotentials (halb)öffentlicher Ladeinfrastruktur

Aufbauend auf der LIS-Prognose wurde eine Detailanalyse auf Basis eines 100-m-Rasters durchgeführt. Hierbei flossen u.a. kleinräumige statistische Daten, eine Analyse des Einzelhandels, Datensätze zu Parkflächen, Verkehrsmengen ein. Basierend auf der Summe der täglichen Ladevorgänge an (halb-)öffentlicher Normal-, Schnell- und Anwohnerladeinfrastruktur im Jahr 2030 wurden Planungsräume ausgewiesen, die sich aufgrund des überdurchschnittlichen Ladebedarfes für die Errichtung von LIS eignen. Die Planungsräume wurden in drei Kategorien unterteilt:

- **sehr hohe Eignung:** in einem Gebiet von 300 x 300 m werden täglich mind. 10 Ladevorgänge erwartet,
- **hohe Eignung:** in einem Gebiet von 300 x 300 m werden täglich mind. 5 Ladevorgänge erwartet,
- **mittlere Eignung:** in einem Gebiet von 300 x 300 m werden täglich mind. 1 Ladevorgänge erwartet.

Diese Planungsräume beschreiben lediglich die Eignung für die Errichtung von LIS hinsichtlich erwarteter Auslastung. Um eine Priorisierung von Gebieten für den LIS-Ausbau zu definieren, wurde in einem zweiten Schritt die vorhandene Ladeinfrastruktur einbezogen. Dabei wurde angenommen, dass diese LIS den lokalen Bedarf im Umkreis von 300 m deckt.⁴⁴ Diese Gebiete werden als Bedarfsräume definiert und dienen einer ersten Übersicht, wo zukünftig mit Versorgungslücken zu rechnen ist (vgl. Abbildung 17).

Die Standortanalyse basiert dem aktuellsten verfügbaren Stand der Datensätze. Neben amtlichen Daten und Geodaten von Unternehmen (z. B. Stationsdaten der Deutschen Bahn) wurden auch freie Geodaten verwendet, welche durch Nutzer erstellt wurden (z. B. OpenStreetMap). In allen drei Fällen können die Daten fehler- oder lückenhaft sein, veraltet oder unpräzise kartiert sein, was wiederum im Standortmodell zu einer ungenauen Abbildung der Wirklichkeit führt. Diese hochauflösenden Ergebnisse sind daher eine Orientierungshilfe, die hinsichtlich der Anzahl prognostizierter Ladevorgänge ihrer Lage abweichen können.

⁴⁴ Unter der Annahme, dass die vorhandene LIS zukünftig bedarfsgerecht ausgebaut wird.

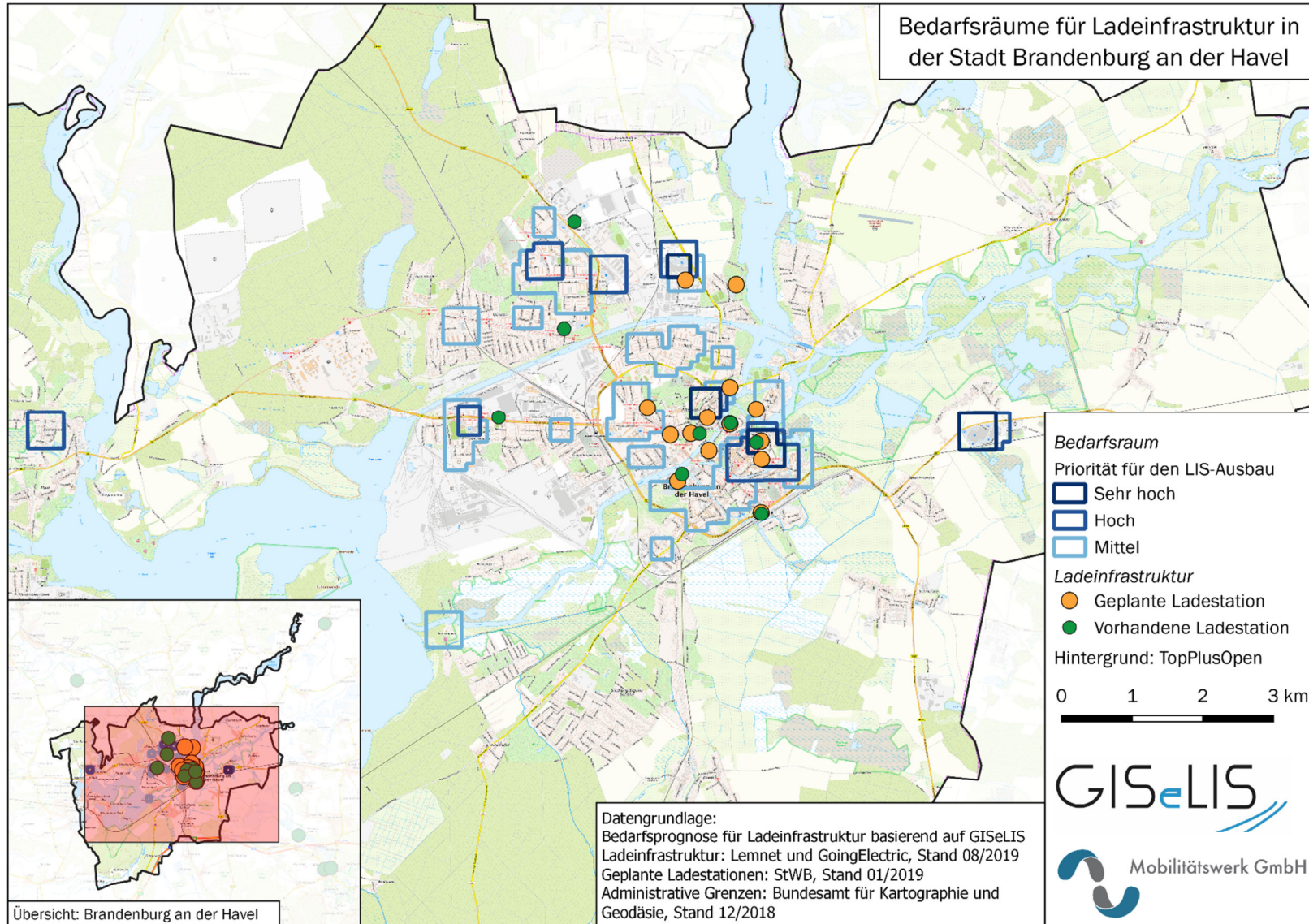


Abbildung 17: Übersicht der prognostizierten Bedarfsräume für Ladeinfrastruktur (ohne Berücksichtigung der vorhandenen oder geplanten Ladestationen in Brandenburg an der Havel)

Aufbauend auf der Lage der Bedarfsräume und den Prognoseergebnissen wurden die Ladebedarfe der einzelnen Stadtteile untersucht (vgl. Abbildung 18). Der Ladebedarf in den Stadtteilen Kirchmöser, Plaue und Dom und Görden wird aufgrund der Stellplatzverfügbarkeit an Ein- und Zweifamilienhäusern vorrangig durch private Ladeinfrastruktur gedeckt. Aufgrund der dichten Unternehmensansiedelung, der Siedlungsstruktur und der Größe des Stadtteils Neustadt werden dort die meisten Ladevorgänge erwartet. Der Hauptbahnhof als zentraler Mobilitätspunkt der Stadt Brandenburg an der Havel stellt ebenfalls ein hohes Potential zur Errichtung von LIS im

Der Anteil an (halb)öffentlicher LIS in Dom, Neustadt, Altstadt, Nord und insbesondere Hohenstücken hoch. Tabelle 6 gibt dazu einen Überblick, wie sich die Ladevorgänge auf die Stadtteile in Brandenburg an der Havel verteilen.

Tabelle 6: Anzahl der prognostizierten Ladevorgänge in der Stadt Brandenburg an der Havel auf Stadtteilebene

Stadtteil	Öffentliche Ladevorgänge	Private Ladevorgänge
Görden	43	42
Plaue	12	15
Kirchmöser	9	17
Nord	47	10
Hohenstücken	67	6
Dom	31	26
Altstadt	91	36
Neustadt	116	82

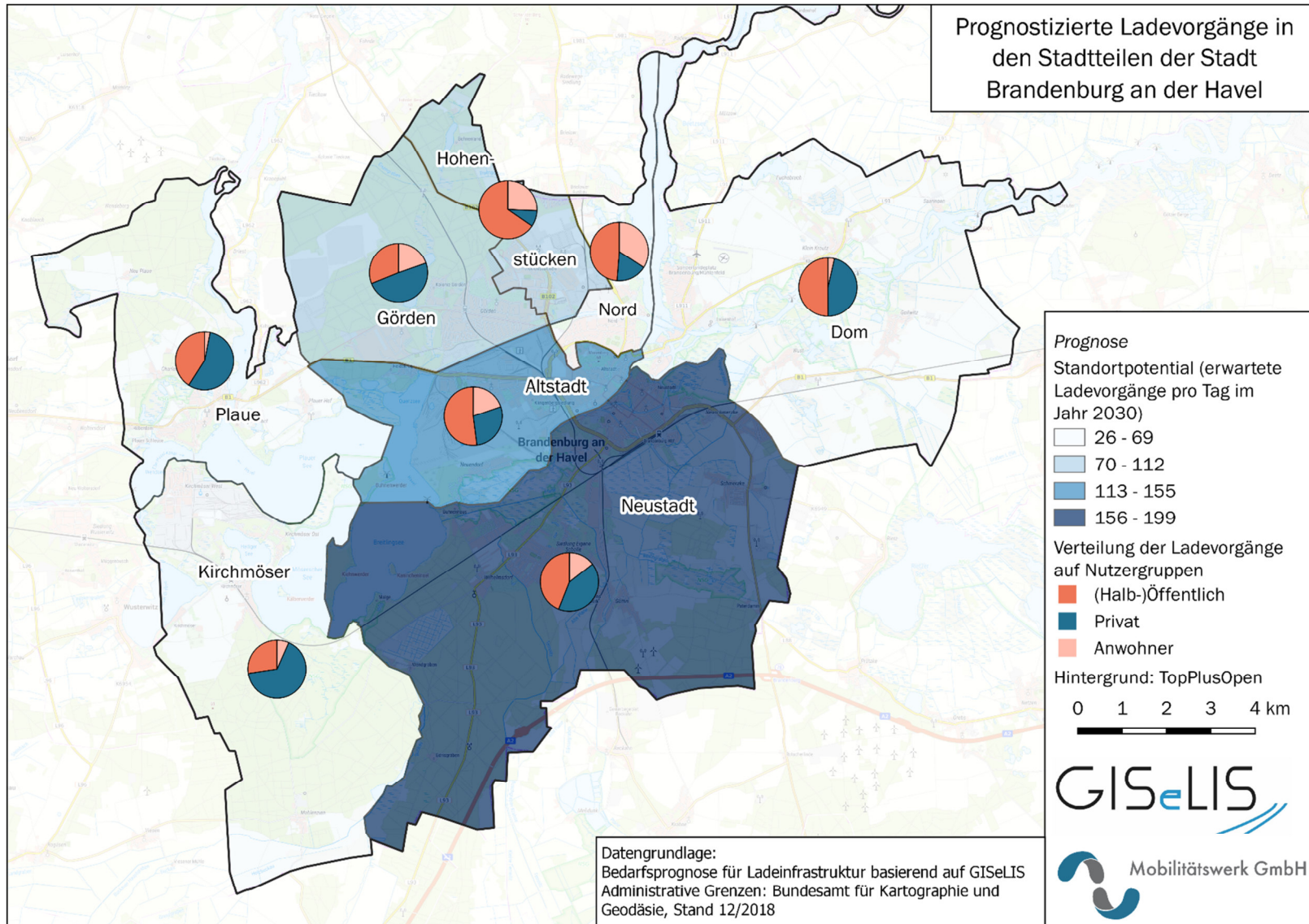


Abbildung 18: Prognostizierte Ladevorgänge auf Stadtteilebene der Stadt Brandenburg an der Havel

Zusammenfassung

Aus den Ergebnissen der LIS-Prognose bis 2025 bzw. 2030 für die Stadt Brandenburg an der Havel wurden die benötigte Anzahl an Ladepunkten und Ladestationen abgeleitet. Ausgehend von dem prognostizierten E-Pkw-Anteil, der Bevölkerungsentwicklung und dem Motorisierungsgrad ergibt sich die Anzahl der erwarteten E-Pkw. Daraus wiederum ergibt sich über das typische Fahr- und Ladeverhalten ein Ladebedarf, anhand dessen die benötigte Anzahl der Ladepunkte bzw. Ladestationen abgeschätzt wird.

Für die Gewährleistung eines attraktiven und bedarfsgerechten Ausbaues von Ladeinfrastruktur ergibt sich für die Stadt Brandenburg an der Havel eine Mindestanzahl von ca. 33 (halb)öffentlichen AC-Ladepunkten bis 2025 und 127 AC-Ladepunkte bis 2030 (zzgl. 1 DC-Ladepunkt). Durch das hohe Potential des betrieblichen Ladens durch eine Fuhrparkelektrifizierung ansässiger Unternehmen, wird betriebliches Laden in der Stadt Brandenburg an der Havel den höchsten Anteil haben. Damit finden 71 % der Ladevorgänge im privaten Raum statt. Die Ladevorgänge im (halb-)öffentlichen Raum umfassen das Anwohnerladen, Schnellladen und das Gelegenheitsladen an POI und POS.

Die ermittelte Anzahl an Ladestationen ist als bedarfsorientierte Abdeckung zu verstehen. Für eine erhöhte Außenwirkung im Sinne der Wahrnehmung der Elektromobilität und zur Steigerung des Sicherheitsempfindens der Bürger und Besucher der Stadt Brandenburg an der Havel, kann ggf. die Installation weiterer Lademöglichkeiten zielführend sein bzw. sollte der Ausbau der prognostizierten Anzahl an Ladestationen von einer öffentlichkeitswirksamen Vermarktung begleitet werden. Die Ausbauaktivitäten von Akteuren, bspw. Supermarktketten, regionalen Einzelhändlern und Unternehmen, sollten von der Stadt Brandenburg an der Havel verfolgt werden. Da neben der absoluten Anzahl an Ladestationen auch deren Verteilung im Gebiet relevant für eine bedarfsgerechte Versorgung ist, sollte die Stadt ggf. koordinierend tätig werden. Die Bereitstellung einer DC-Ladestation sollte mit geeigneten Akteuren, bspw. den lokalen Stadtwerken, thematisiert und geprüft werden.

4.3 Akteurseinbindung

Die Ergebnisse der LIS-Analyse wurden mit Stadtwerken und Wohnungsunternehmen in der Stadt Brandenburg an der Havel diskutiert. Die Stadtwerke betreiben bereits einige Ladestationen in der Stadt und beteiligen sich aktiv am weiteren Ausbau. Die Wohnungsunternehmen erkennen den Handlungsbedarf im Bereich automobiler Elektromobilität, insbesondere Ladeinfrastruktur in Wohngebieten, sowie im Bereich Fahrradmobilität, besonders in Bezug auf Abstellanlagen für hochwertige (Elektro-)Fahrräder und haben bereits erste Initiativen ergriffen.

- Im Fokus steht für alle Beteiligten das Kerngeschäft. Hervorgehoben wird ein hoher Handlungsbedarf im Bereich der Bestandssanierung. Mobilitätsthemen sind bei den Akteuren dennoch bereits präsent.
- Die TAG Wohnen & Service GmbH stellt am Standort in Salzgitter in Kooperation mit Flinkster aktuell fünf Carsharing-Fahrzeuge für die Mieter zur Verfügung. Dies kommt den Mietern in Salzgitter-Fredenberglugute, die TAG Wohnen ermöglicht jedoch allen Mietern deutschlandweit eine gebührenfreie Anmeldung zum Carsharing-System.
- Die WOBRA mbH verfügt seit kurzem über einen vollelektrischen Fuhrpark mit mehreren Smart, einem BMW i3, einem Nissan NV200 sowie mehreren Elektrofahrrädern.
- Für die erfolgreiche Einbindung der Elektrofahrzeuge in den Fuhrpark der WOBRA mbH war eine Einführung der Mitarbeiter in die Besonderheiten der Fahrzeuge notwendig. Einige waren bspw. nicht vertraut mit einem Automatikgetriebe. Mit den ersten Erfahrun-

gen konnten die anfänglichen Unsicherheiten jedoch schnell beseitigt werden. Die Begeisterung für die Fahrzeuge ist vorhanden.

- Aufgrund der Herausforderungen, die der demografische Wandel mit sich bringt, sind Abstellanlagen für Elektrofahrräder von Interesse (WBG). Es erfolgten bereits Umfragen, die eine Zahlungsbereitschaft von ca. 5 € pro Monat offenlegten (WBG, WOBRA). Die bereits errichteten Abstellanlagen werden für diesen Betrag gut angenommen (WBG).
- Bisher gab es im Bereich Ladeinfrastruktur für PKW in den Wohngebieten nur eine Anfrage (WBG). Eine akzeptable Laufweite zur Ladestation beträgt nach Angaben des Interessenten ca. 400 m.
- Die Stadt Brandenburg an der Havel ist verkehrlich durch den motorisierten Individualverkehr geprägt. Aus Sicht der Teilnehmer ist ein Leitbild Mobilität und Verkehr vor dem Hintergrund der „lebenswerten Stadt“ notwendig.
- Seitens der Stadt Brandenburg an der Havel wurde die Idee eines Infrastrukturkubus entwickelt. In einem solchen Gebäude könnte der Müllstandort, abschließbare Fahrradanlagen, Ladesäulen, Platz für Rollatoren, Kinderwagen, etc. und ggf. auch eine Packstation kombiniert werden. Es gliedert sich so optisch in das Stadt-/Straßenbild ein. Durch das ohnehin regelmäßige Ansteuern der Müllstandorte durch die Bewohner wird eine hohe Sichtbarkeit erzeugt. Da erst 2015 die Müllstandorte der WBG erneuert wurden, ist neben komplett neuen Anlagen auch eine angepasste Lösung unter Einbindung der bereits erneuerten Standorte notwendig. Aber auch durch einen Zaun gesicherte Abstellanlagen für Fahrräder stellen bereits einen Mehrwert für die Bewohner dar (WBG).
- Die Konzeptionierung kann bspw. im Rahmen eines Architektenwettbewerbes durchgeführt werden. Eine Einbindung in die anstehende Ausschreibung neuer Müllstandorte ist ebenfalls denkbar (WOBRA).
- Das Thema Mieterstrom ist bei Wohnungsunternehmen ebenfalls präsent, hat jedoch neben anderen Handlungsfeldern eine geringere Relevanz und steht daher aktuell nicht im Fokus. Für die Umsetzung ist ein Modell der Stadtwerke ggf. von Interesse.

In einem weiteren Termin mit den Wohnungsunternehmen und den Stadtwerken Brandenburg wurden konkrete Umsetzungsmöglichkeiten für den Aufbau von Ladesäulen in Wohnanlagen besprochen. Das Angebot der StWB umfasst folgende Leistungen:

- Konzeption, Auswahl der Technik, Netzanschluss und Installation
- Betrieb und Entstörung sowie Ersatz bei Defekt
- Jährliche Wartung und Prüfung
- Anschluss an IT-Backend zur Verwaltung, Auslesung, Freischaltung, Diagnose, Wartung und Zugangskontrolle⁴⁵

Wohnungsunternehmen möchten sich am LIS-Ausbau beteiligen, ohne selbst LIS zu betreiben. Um einen positiven Effekt für die Mieter zu erzielen, wäre eine große Anzahl an Ladestationen in den Wohngebieten notwendig, wodurch den Wohnungsunternehmen hohe Kosten entstehen würden. Eine Zwischenlösung wäre die Errichtung von 1–2 Ladestationen als Demonstrationsanlagen in ausgewählten Wohngebieten in einer Testphase. Die Unternehmen haben dafür bereits potentiell verfügbare Stellplätze ermittelt. Darüber hinaus können über eine Befragung der Mieter hinsichtlich geplanter Käufe von E-Pkw geeignete Standorte ermittelt werden. Auf diese Weise kann eine Auslastung der Ladestationen sichergestellt werden. Die Standorte sollten hinsichtlich der Eignung für die Errichtung von LIS geprüft werden. In Zusammenarbeit mit den zukünftigen LIS-Betreibern sollten nach erfolgreicher Prüfung an geeigneten Standorten Ladestationen für die Mieter errichtet werden. Die Mieter über die Verfügbarkeit und den Umgang mit bzw. die

⁴⁵ Erfolgt dienstleistend durch StWB.

Nutzung der Ladesäule, zu den Park- und Ladebedingungen, den Kosten für das Laden sowie über die Zugänglichkeit und ggf. Zugangsmedien informiert werden.

Für die Gestaltung der Zugänglichkeit zu den Ladestationen in Wohngebieten gibt es verschiedene Ansätze. Welcher Ansatz zum Einsatz kommt, ist unter anderem davon abhängig, ob die Ladestationen innerhalb oder außerhalb von Anwohnerparkzonen errichtet werden. Tabelle 7 zeigt zwei mögliche Ansätze, wie die Nutzung und Zugänglichkeit zu den Ladestationen geregelt werden kann.

Tabelle 7: Ladekonzept innerhalb von Anwohnerparkzonen

Ladekonzept innerhalb von Anwohnerparkzonen	
Zugang	Nur mit Anwohnerparkausweis.
Freigabe	In reinen Wohngebieten erfolgt zwischen 9 und 15 Uhr eine Freigabe für alle EV aufgrund des sinkenden Parkdruckes. In gemischten Gebieten mit relativ hohem Anliegerverkehr keine Freigabe für andere EV.
Zuordnungsverhältnis	Das Verhältnis LP/EV soweit aufbauen, wie es für die Attraktivitätssteigerung notwendig ist und im Verlauf weiter heraufsetzen.
Nutzungsdauer	Gegebene zeitliche Restriktionen beibehalten (z. B. am Tag: max. 2 h, über Nacht: von 18 bis 8 Uhr).
Ladegeschwindigkeit	Vorrangig geringe Ladeleistungen ausreichend (11 kW, in der Nacht auch 3,7 kW), kontinuierlich mit höheren Ladeleistungen (22 kW, 43 kW) nachrüsten, um zukunftsorientierte LIS aufzubauen.
Hubs	<ul style="list-style-type: none"> - ab der Marktdurchdringung, am Rand der Wohngebiete - verhindern Mitnahmeeffekte, da Nutzung nur bei Bedarf - Zugang für alle EV - zeitliche Beschränkungen lockern
Ladekonzept außerhalb bestehender Anwohnerparkzonen	
Zugang	Anfangs befristete Exklusivität für Anwohner (am Abend) vorhalten, um Sicherheit zu vermitteln.
Freigabe	Mittelfristig für alle EV.
Zuordnungsverhältnis	Das Verhältnis LP/EV soweit aufbauen, wie es für Attraktivitätssteigerung notwendig ist und im Verlauf weiter heraufsetzen.
Nutzungsdauer	Gegebene zeitliche Restriktionen (z. B. am Tag: max. 2 h, über Nacht: von 18 bis 8 Uhr) beibehalten.
Ladegeschwindigkeit	Vorrangig geringe Ladeleistungen ausreichend (11 kW, in der Nacht auch 3,7 kW), kontinuierlich Nachrüsten mit höheren Ladeleistungen (22 kW, 43 kW), um zukunftsorientierte LIS aufzubauen.
Hubs	<ul style="list-style-type: none"> - ab der Marktdurchdringung, am Rand der Wohngebiete - verhindern Mitnahmeeffekte, da Nutzung nur bei Bedarf - Zugang für alle EV - zeitliche Beschränkungen lockern

Neben der Bereitstellung von LIS für die Anwohner wurden abschließbare Fahrradboxen in den Wohngebieten thematisiert. Elektrofahrräder erfreuen sich in Deutschland steigender Beliebtheit (vgl. Kapitel 10). Aufgrund des hohen Wertes der Räder sind diebstahlsichere und wetterfeste Abstellmöglichkeiten notwendig. Das Abstellen der Räder im Keller ist aufgrund des hohen Gewichtes nicht zielführend. Es empfiehlt sich daher die Errichtung ebenerdiger und abschließbarer Abstellmöglichkeiten in den Wohngebieten, z.B. eines Fahrradparkhauses oder größerer Fahrradgaragen. Zwar sind Abstellmöglichkeiten nicht ohne weiteres wirtschaftlich selbst tragfähig, sie erhöhen jedoch die Attraktivität der Wohnanlagen für (potentielle) Mieter und damit deren Wert.

Als Best-Practice-Beispiel zur Errichtung von LIS in Mehrfamilienhäusern sind die Stadtwerke München anzuführen. Diese bieten einen Elektromobilitätstarif für Mehrfamilienhäuser an. Der Hausanschluss wird auf die neuen Anforderungen geprüft und Stromleitungen zu den Stellplät-

zen verlegt. Die Kosten werden von den Stadtwerken übernommen. Im Gegenzug verfügen die Stadtwerke über eine bessere Kenntnis über Ladeeinrichtungen in der Stadt, um den Ausbau des Stromnetzes bedarfsgerecht zu gestalten. Die Stromkosten sind durch die Serviceleistungen des Einbaus höher als der Hausstrompreis. Die Nutzerinnen und Nutzer haben jedoch die Möglichkeit, die Ladeleistung zu bestimmen.

Die Bundesregierung hat einen Gesetzesentwurf zur Beschleunigung des Markthochlaufes für Elektromobilität (BEmoG) angekündigt. In diesem soll der Einbau von LIS an Gebäuden gefördert werden und ergänzt somit das WG und das Mietrecht. Bisher steht noch kein Termin zur Verabschiedung des BEmoG fest.

In Kooperation von Carsharinganbietern und Wohnungsunternehmen kann die Herausforderung von hohem Parkdruck bewältigt werden. Durch Carsharingfahrzeuge mit Stellplätzen in unmittelbarer Nähe zu Wohnquartieren können notwendige Stellplätze reduziert werden. Die Anwohner haben somit stets ein Fahrzeug mit zugewiesenem Stellplatz zur Verfügung.

4.4 Stellplatzsatzung

Um den Aufbau der LIS voranzutreiben, kann die Stellplatzsatzung ein geeignetes Instrument sein, da sie alle Neu- und Umbauten im privaten Bereich betrifft. Dies schließt auch halböffentliche Flächen mit ein und somit den Ausbau von Ladesäulen an PoS und Pol.⁴⁶

Anhand einer Stellplatzsatzung regelt eine Gemeinde, wie viele Stellplätze für PKW und Fahrräder bei Neu- oder Umbau im privaten Bereich erbaut werden. Aufgrund der meisten Landesbauordnungen können Gemeinden den Stellplatzbau durch Satzungen regeln.

Um den Aufbau von LIS stärker zu unterstützen, kann mit Hilfe der Stellplatzsatzung eine Beschränkung der nachzuweisenden Stellplätze erfolgen, wenn Ladesäulen errichtet werden. Hiernach ist ein Effekt denkbar, der sich in einer Abkehr der Bürgerinnen und Bürger vom konventionellen PKW hin zur Elektromobilität ausdrückt⁴⁷. Ebenfalls kann durch Festlegungen in der Stellplatzsatzung (e)-Carsharing gefördert werden. In einigen wenigen Satzungen ist dies bisher möglich, nämlich über das Aussetzen der Herstellungspflicht durch besondere Maßnahmen. Zwar wird nicht explizit e-Carsharing gefordert, jedoch allgemein der Ausbau von Carsharing.

Die Stellplatzsatzung funktioniert nach dem Verursachungsprinzip. Bauvorhaben, bei denen ein Zu- und Abfahrtsverkehr zu erwarten ist, wodurch ein Parkraumbedarf ausgelöst wird, müssen Stellplätze auf dem Grundstück vorsehen. Jedoch verursacht dies einen Komfortvorteil zu anderen Verkehrsmitteln, da hierdurch die Sicherheit entsteht, direkt am Zielort parken zu können. Daher fördert ein mengenmäßig starkes Parkraumangebot den MIV. Der steigende Kfz-Verkehr führt zunehmend zu mehr Stau und negativen Umweltwirkungen wie Lärm, Luftverschmutzung und Flächenverbrauch⁴⁸. Aus diesem Grund kann der Stellplatzbedarf auch durch verschiedene andere Maßnahmen reguliert werden.

Integration der Elektromobilität und des Radverkehrs in die Stellplatzsatzung

Ein Großteil der Ladevorgänge erfolgt im privaten Raum, auf Stellplätzen zuhause oder beim Arbeitgeber (vgl. Kapitel 4.1.2). Für einen besseren Nutzen im Alltag wird eine größere Anzahl an LIS im halböffentlichen Raum benötigt, damit der Zugang zur Elektromobilität erleichtert wird. Neben Bebauungsplänen und Verträgen, kann eine Kommune durch Stellplatzsatzungen den Bau von LIS verbindlich integrieren und somit langfristig fördern⁴⁹. Kommunen im Land Brandenburg können nach § 87 Absatz 4 BbgBO „die Zahl der erforderlichen notwendigen Stellplätze

46 Vgl. Zengerling 2017

47 Vgl. Aichinger et al. 2015

48 Vgl. Zukunftsnetz Mobilität NRW 2017

49 Vgl. Zengerling 2017

nach Art und Maß der Nutzung [...] festsetzen“. Zudem kann die Herstellung von Stellplätzen und Garagen für Kraftfahrzeuge untersagt oder eingeschränkt werden sowie Geldbeträge für die Ablösung notwendiger Stellplätze bestimmt werden.

Die EU-Kommission hat darüber hinaus in der Erneuerung der Vorschriften zur Energieeffizienz von Gebäuden (Richtlinie 2018/844) beschlossen, dass neue Gebäude oder grundlegend sanierte Gebäude mit Anschlüssen für LIS ausgestattet werden sollen (Stand 17.04.2018)⁵⁰. In Wohngebäude mit mehr als 10 Stellplätzen soll für jeden Stellplatz eine Leitungsinfrastruktur mit Leerrohren vorgesehen werden. Bei Nichtwohngebäuden mit mehr als 10 Stellplätzen soll mindestens ein Stellplatz mit einem Ladepunkt ausgestattet werden und mindestens 20 % mit Leerrohren für einen späteren Aufbau. Bis zum 10.03.2020 soll diese Richtlinie in nationales Recht umgesetzt werden.

Die bindende Festlegung einer Stellplatzsatzung, LIS bei Bauvorhaben zu errichten, kann die Eigentumsfreiheit nach Art. 14 GG beeinträchtigen. Die Satzung muss daher verhältnismäßig sein und einen legitimen Zweck erfüllen. Dieser legitime Zweck ist mit dem Schutz von Klima und Gesundheit gegeben. Eine Verhältnismäßigkeit der Satzung ist gegeben, wenn die Kosten der LIS mit dem gesamten Investitionsvolumen in einem angemessenen Verhältnis stehen. Handelt es sich bei der Festlegung nicht um die gesamte Ladestation, sondern um die Bereitstellung von Leitungen und Anschlüssen, sollten die Kosten eher gering ausfallen.⁵¹

Die Stellplatzsatzung der Stadt Brandenburg an der Havel sieht bisher keine Regelungen für die Errichtung von bzw. Vorbereitung für LIS für Elektrofahrzeuge vor. Eine Anpassung der Satzung wird empfohlen. Nachfolgend werden einige Praxisbeispiele für die erfolgreiche Anpassung der Stellplatzsatzung zugunsten der Elektromobilität vorgestellt.

Tabelle 8: Beispiele für umgesetzte Stellplatzregelungen in Deutschland

Stadt	Regelung
Offenbach am Main (Hessen)	„Bei Vorhaben ab einem regulären Stellplatzbedarf von 20 Einstellplätzen sollen mindestens 25 % der Einstellplätze mit einer Stromzuleitung für die Ladung von Elektrofahrzeugen versehen werden.“ → § 6 Abs. 5 Satz 1 Stellplatzsatzung der Stadt Offenbach am Main
Marburg (Hessen)	„Wenn bei einem Stellplatzmehrbedarf nach Anlage 1 dieser Satzung von mehr als 10 Stellplätzen jeder 10te Stellplatz mit einer Ladestation für Elektroautos ausgerüstet wird, können 5 % der erforderlichen Stellplätze (aufgerundet auf ganze Zahlen) entfallen. Die Reduzierung wird auf maximal 5 Stellplätze begrenzt.“ [SEP] → § 3 Abs. 6 Stellplatzsatzung der Universitätsstadt Marburg
Dresden (Sachsen)	„Für 25 v. H. der PKW-Stellplätze ist ein ausreichender Elektroanschluss baulich vorzubereiten, damit bei Bedarf eine Lademöglichkeit für Elektrofahrzeuge installiert werden kann.“ → § 7 Abs. 6 Stellplatz-, Gargen- und Fahrradabstellsatzung Dresden „Bei der Realisierung von Car-Sharing-Stellplätzen im Rahmen des Vorhabens verringert sich die Stellplatzverpflichtung. 1 Car-Sharing-Stellplatz ersetzt dabei 5 PKW- Stellplätze.“ → § 4 Abs. 5 über Reduzierung der Anzahl der notwendigen Stellplätze (Stellplatz-, Gargen- und Fahrradabstellsatzung Dresden)
Hattersheim am Main (Hessen)	Als Handlungsempfehlung im Anhang: „Für größere Stellplatzanlagen mit mehr als 20 Stellplätzen wird empfohlen, mindestens 25 % der Stellplätze mit einer Stromzuleitung für die Ladung von Elektrofahrzeugen zu versehen.“ → jedoch als Handlungsempfehlung nicht rechtsverbindlich

⁵⁰ Vgl. europa.eu 2018

⁵¹ Vgl. Zengerling 2017

5 Elektrifizierung und Optimierung der kommunalen Flotte - Zusammenfassung

Zur Bestimmung des Elektrifizierungspotentials der Fahrzeuge der Stadtverwaltung von Brandenburg an der Havel erfolgte eine Fuhrparkanalyse mittels Fahrtenbüchern. Aufgrund der in den Fahrtenbüchern enthaltenen Informationen zu Fahrtzeiten und den dabei absolvierten Strecken, konnten Fahrprofile abgeleitet werden. Anhand dieser erfolgte eine Simulation der potenziell elektrisch betriebenen Alternativ-Fahrzeuge, welche Ladezyklen mit unterschiedlichen Ladeleistungen sowie Reichweiten von aktuellen Elektrofahrzeugen berücksichtigt.

Insgesamt verfügt der Fuhrpark über 19 Fahrzeuge an fünf Standorten, davon 15 Fahrzeuge am Standort Klosterstraße und je ein Fahrzeug an den Standorten Friedrich-Franz-Straße, Katharinenkirchplatz, Nicolaiplatz und Wiener Straße.

Die Fahrzeuge haben folgende Eigenschaften:

- Fahrzeuge besitzen keine Einbauten.
- Innerbetriebliche Parkplätze sind vorhanden.
- 2/3 der Fahrzeuge mit CNG-(Erdgas)-Antrieb.
- Letzte Anschaffung erfolgte in Form von Leasing 2017.
- Neubeschaffung der Fahrzeuge in 2021 geplant.
- Auslagerung eines Teils des Fuhrparks in Carsharing-Fahrzeuge wird geprüft.
- Aktuell ist keine Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge vorhanden.

5.1 Auswertung der aktuellen Nutzung des Fuhrparks

Das Potenzial für die Elektrifizierung des Fuhrparks bestimmt sich maßgeblich danach, ob der wesentliche Teil aller Fahrten mit einem Elektrofahrzeug zurückgelegt werden kann.

Gut die Hälfte aller Fahrten ist kürzer als 20 km, 80% aller Fahrten sind unter 50 km und 92 % unter 100 km lang. Diese Fahrten können ausnahmslos elektrisch bewältigt werden. Der weit überwiegende Teil aller Fahrten wird außerdem innerhalb eines Arbeitstages bewältigt.

Über Nacht besteht somit ausreichend Zeit, die Fahrzeuge auch mit wenig Leistung (≤ 3.7 kW) zu laden. Wenige Ausnahmen, sowohl in Bezug auf die Strecke als auch die Dauer, sind Fahrten nach Potsdam oder Berlin. Sie können verstärkt auf die Bahn verlagert werden und haben daher besonderen Einfluss auf die Analyse.

Das Potenzial für die Elektrifizierung des Fuhrparks ist, außer vom Streckenprofil, von der Reichweite der Fahrzeuge abhängig.

Je höher die elektrische Reichweite, desto höher die Anzahl elektrifizierbarer Fahrzeuge. Dementsprechend sinkt der Anteil der konventionellen Fahrten mit der Steigerung der verfügbaren elektrischen Reichweite.

Je höher die elektrische Reichweite, desto mehr längere Fahrten können elektrisch absolviert werden. Dementsprechend steigt die durchschnittliche Länge der konventionellen Fahrten, da nur noch sehr lange Fahrten konventionell absolviert werden müssen. Diese Fahrten können auf wenige konventionelle Fahrzeuge verteilt werden.

Insgesamt können am Standort Klosterstraße, abhängig von der Reichweite, bis zehn Fahrzeuge Elektroautos sein, sofern Zwischenladung am Zielort möglich ist. Werden Fahrten nach Berlin und Potsdam auf den ÖPNV verlagert, so entfällt ein Teil längerer Fahrten und es kann ein weiteres Fahrzeug elektrifiziert werden.

Tabelle 9: Klosterstraße – Elektrifizierungspotenzial mit einfacher Disposition – 3,7 kW

Reichweite	150 km	200 km	300 km	400 km
Elektrifizierbare Fahrzeuge	4 (9)*	4 (10)*	7 (12)*	9 (13)*
Anteil konventioneller Fahrten	5,6 %	3,76 %	2,65 %	1,6 %
Ø km je konventionelle Fahrt	282,48	351,57	403,08	503,67
Anteil elektrischer Fahrten an allen km	59,4 %	66,2 %	72,6 %	79,3 %

*(Werte in Klammern) = Anzahl der Fahrzeuge, die mit ≤ 12 Zwischenladungen im Jahr elektrifiziert werden können

An Standorten mit nur einem Fahrzeug können zwei von vier Fahrzeugen elektrifiziert werden. Im Regelfall besteht jedoch die Möglichkeit zur Zwischenladung am Zielort oder unterwegs. Dies führt zu einem höheren Elektrifizierungspotenzial von insgesamt 11 Fahrzeugen.

Tabelle 10: Empfehlung für die Beschaffung (konservativ)

Standorte	Elektro	Reichweite	Konventionell
Friedrich-Franz-Str.	1	200 km	0
Katharinenkirchplatz	0	Kein elektrisches Allradfahrzeug verfügbar	1
Klosterstr.	10	Kleinst- & Kleinwagen 8 Fahrzeuge 150 km + 1 Fahrzeug 200 km	6
Nicolaiplatz			
Wiener Str.	0	sehr lange Strecken, ggf. Noteinsätze	1
Gesamt	11	bis 200 km	8

Für ein Fahrzeug der Klosterstraße in der Klasse der Kleinst- und Kleinwagen wird eine erhöhte Reichweite von 200 km empfohlen. Dadurch werden die benötigten Zwischenladungen in diesem Fall reduziert. Die für diesen Beschaffungsplan benötigten Fahrzeugtypen sind derzeit am Markt vorhanden (z. B. Renault Zoe, Hyundai Ioniq und Hyundai Kona, VW up).

5.2 Elektrifizierungspotenzial ohne Fahrten nach Berlin und Potsdam

Sofern 109 Fahrten nach Berlin oder Potsdam mehrheitlich auf den ÖV verlagert werden, entfallen weitere Langstreckenfahrten und es kann ein Fahrzeug mehr elektrifiziert werden.

Tabelle 11: Empfehlung für die Beschaffung (konservativ) – exklusive Fahrten von/nach Berlin bzw. Potsdam

Standorte	Elektro	Reichweite	Konventionell
Friedrich-Franz-Str.	1	200 km	0
Katharinenkirchplatz	0	Kein elektrisches Allradfahrzeug verfügbar	1
Klosterstr.	11	Kleinst- & Kleinwagen 9 Fzg. 150 km + 1 Fzg 200 km	5
Nicolaiplatz			
Wiener Str.	0	sehr lange Strecken, ggf. Noteinsätze	1
Gesamt	12	bis 200 km	7

5.3 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

Prinzipiell besteht im Fuhrpark der Stadtverwaltung Brandenburg an der Havel ein hohes Elektrifizierungspotential der Fahrzeuge. Die Datenanalyse zeigt, dass die zeitliche Verteilung und Länge der Strecken keine kritische Herausforderung für den Betrieb von Elektrofahrzeugen in Verbindung mit einer Ladeleistung von 3,7 kW darstellen.

Die Verlagerung der Fahrten von und nach Berlin bzw. Potsdam auf den ÖV ist dabei eine sinnvolle Maßnahme. In einzelnen Szenarien kann durch diesen Schritt das Elektrifizierungspotential um ein zusätzliches Fahrzeug erhöht und die Anzahl der nötigen Zwischenladungen um 10 % reduziert werden.

Durch die Umstellung der Fahrzeuge auf elektrische Antriebe ergeben sich zudem hohe Einsparpotentiale. Bei der Elektrifizierung von zwölf Fahrzeugen können ca. 28 % der CO₂-Emissionen vermieden werden.

Des Weiteren ergibt sich durch die Umstellung auf Elektrofahrzeuge eine Lärminderung und insbesondere im Markthochlauf ist die Sichtbarkeit von Elektrofahrzeugen entscheidend und wird zu Nachahmeffekten, auch durch die steigende Erwartungshaltung, bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie Bürgerinnen und Bürgern führen. Die Beschaffung von Elektrofahrzeugen sollte, um hohe Investitionskosten zu vermeiden, gemäß dem Ersetzungszeitraum der vorhandenen Fahrzeuge erfolgen. Dabei sollte auch auf mögliche Bundes- oder Landesförderungen geachtet werden.

Zusätzlich ist der Aufbau von Ladeinfrastruktur, insbesondere bei ohnehin anstehenden Umbauten zu berücksichtigen. Dabei sollte im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung der Elektromobilität auch die Möglichkeit des Arbeitsplatzladens für Mitarbeiterfahrzeuge in Betracht gezogen werden.

Lade- und Lastmanagement

Durch Lade- und Lastmanagements kann die zur Verfügung stehende Anschlussleistung im Sinne eines Lade-Lastprofils gesteuert und dadurch Kosten gespart werden. Je nach benötigter Verfügbarkeit werden einzelne Fahrzeuge zu Lasten der anderen ladenden Fahrzeuge priorisiert.

5.4 Auslagerung von Fahrzeugen auf ein externes Carsharing-System

Aktuell gibt es in der Stadt Brandenburg an der Havel noch kein Carsharing-System. Mit ca. 470 PKW je 1.000 Einwohner liegt die Stadt deutlich unter dem bundesdeutschen Schnitt von 565 PKW je 1.000 Einwohner. Die Stadt hat sich zum Ziel gesetzt, diesen Vorteil weiter auszubauen und durch die Einführung eines Carsharing-Systems zur Minderung privaten PKW-Besitzes und damit des MIV beizutragen.

Der Aufbau und Betrieb von Carsharing-Systemen in Mittelstädten stellt Anbieter vor wirtschaftliche Herausforderungen. Die Stadt Brandenburg an der Havel bietet mit ca. 72.000 Einwohnern insbesondere in der Einführungsphase kein ausreichendes Nutzungspotential für die benötigte Auslastung der Fahrzeuge. Aufgrund der räumlichen Nähe zu Berlin und Potsdam ergeben sich dennoch Stellgrößen, die den Betrieb eines Carsharing-Systems unter bestimmten Voraussetzungen attraktiv werden lassen.

Aus diesem Grund prüft die Stadtverwaltung, einen Teil des eigenen Fuhrparks auszulagern und die Dienstfahrten stattdessen mit Fahrzeugen eines externen Carsharing-Anbieters zu absolvieren. Die Stadt ist dabei Ankernutzer des Systems und stellt damit eine Mindestauslastung der

Fahrzeuge. Das wirtschaftliche Risiko verringert sich und zusätzlich stehen Fahrzeuge den Bürgerinnen und Bürgern zur Verfügung.

Unter Berücksichtigung weiterer Rahmenbedingungen können insgesamt vier bis fünf Fahrzeuge von insgesamt 19 durch Carsharing ersetzt werden.

Diese Fahrzeuge können keine Elektrofahrzeuge sein, da sie einerseits von der Stadt für längere Fahrten genutzt werden, andererseits sich Elektrofahrzeuge aber auch als Carsharing-Fahrzeug nicht eignen. Hauptgründe sind, dass z.B. leergefahrene Fahrzeuge erst nach Stunden wieder verfügbar sind und weil vergleichsweise häufig teure Bedienfehler vorkommen.

2020 wird daher eine Markterkundung durchgeführt werden. Dafür wurde der Kontakt zu in geografischer Nähe bereits aktiven Carsharing-Anbietern hergestellt.

Auswahl potentieller Standorte

Über zunächst zwei Standorte der Stadtverwaltung hinaus, sollten Fahrzeuge an weiteren Standorten zur Verfügung stehen, um ein für Bürgerinnen und Bürger attraktives Angebot zu schaffen.

Von der Stadtverwaltung wurden auf der Grundlage der Bevölkerungsdichte und der Bebauungsstruktur im Stadtgebiet insgesamt 10 denkbare Carsharing-Standorte identifiziert. Zentrales Auswahlkriterium war die Einwohnerdichte am Standort und in der Umgebung. Sie ist nur an eher städtisch geprägten Standorten in überwiegend geschlossener Bauweise hinreichend gegeben. Dörfliche Lagen und Einfamilienhausgebiete bieten aufgrund ihrer geringen Bevölkerung zu wenig Potenzial für die Nutzung von Carsharing-Fahrzeugen.

Unter Berücksichtigung weiterer sozio-ökonomischer Faktoren wurden diese Standorte überprüft. Sie liegen mit nur einer Ausnahme in oder nahe Gebieten mittlerer oder hoher Eignung. Für die Kalkulation wurde davon ausgegangen, dass die Stadt Ankernutzer ist.

Außerdem wurden verschiedene Nutzertypen unterschieden:

- a) Anwohner: Wohnortnahe Carsharing-Stationen. Insbesondere in verdichteten Quartieren, bilden Anwohner die primäre Nutzergruppe.
- b) Beschäftigte, Pendler, Touristen: Zentrale Carsharing-Stationen in der Nähe von multimodalen Knotenpunkten, an Orten hoher funktionaler Dichte, nahe großen Unternehmen, Behörden oder Hotels

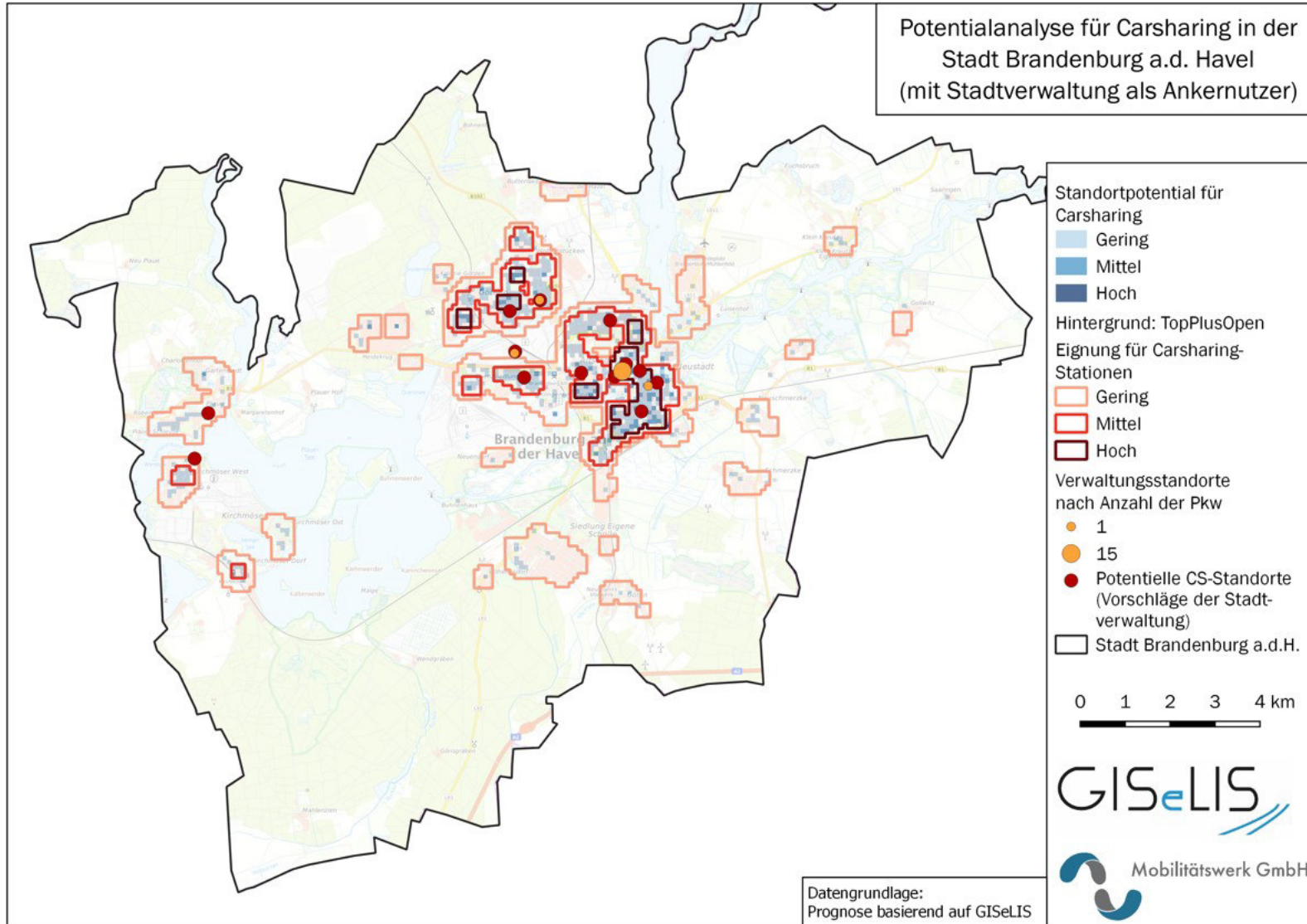


Abbildung 19: Standortanalyse mit Stadtverwaltung als Ankernutzer

Die ermittelten Räume bilden eine Grundlage für die Standortwahl und dienen der Orientierung, in welchen Bereichen mit einer erhöhten Nachfrage gerechnet werden kann. Die Auswahl der Standorte wird vom Anbieter des Carsharing-Systems vorgenommen, sollte jedoch von der Stadt Brandenburg an der Havel unterstützt werden, indem bspw. einige geeignete öffentliche Standorte identifiziert und dem Anbieter zur Verfügung gestellt werden.

Empfehlungen zum weiteren Vorgehen

- Anhand der gewonnenen Erkenntnisse aus den Gesprächen mit dem Bundesverband CarSharing e.V und den Carsharing-Anbietern – keine Elektrofahrzeuge, sondern Fahrzeuge mit hoher Kilometerleistung und am Standort Klosterstraße keinesfalls mehr als fünf Fahrzeuge ins Carsharing verlagern - kann eine Markterkundung erfolgen. Die Ausgestaltung ergibt sich aus den für die Anbieter notwendigen Rahmenbedingungen sowie den Anforderungen der Stadtverwaltung an die Fahrzeuge selbst und deren Zugänglichkeit und Verfügbarkeit.
- Das stationäre Carsharing sollte neben der Innenstadt auch in Wohnquartieren (im privaten sowie öffentlichen Bereich) aufgebaut werden. Mit Wohnungsunternehmen wurden Handlungsmöglichkeiten sowie die Verantwortlichkeit hinsichtlich der Bereitstellung von Mobilität für die Mieter diskutiert. Darüber hinaus wurde die Bereitschaft zur Bereitstellung von Stellplätzen, die sich im Eigentum der Unternehmen befinden, thematisiert. Die Gespräche sollten über den Projektverlauf hinausgehend fortgesetzt und gemeinsam mit den Wohnungsunternehmen geeignete Standorte für ein Carsharing-System ermittelt werden.
- Eine gemischte CS-Nutzung von privaten sowie gewerblichen Kunden empfiehlt sich. Eine rein private Nutzung führt zu gleichen Bedarfsfällen, meist am Abend oder am Wochenende. Tagsüber bleiben die Fahrzeuge dann ungenutzt. Es resultiert eine geringe Wirtschaftlichkeit. Das Einbeziehen von weiteren Ankernutzern aus dem gewerblichen Bereich und somit die Verwendung der CS-Fahrzeuge für Dienstfahrten der Unternehmen ist daher sinnvoll. Potential bieten insbesondere Unternehmen mit Stellplätzen im Innenstadtbereich in der Altstadt, die attraktive Carsharing-Standorte darstellen. Unternehmen in Gewerbegebieten sind hingegen weniger geeignet. Die Stadt Brandenburg an der Havel sollte dabei als Vermittler tätig sein und Unternehmen für das Thema sensibilisieren.
- Um Carsharing langfristig in der Stadt zu etablieren, sollte über die aktuellen Aktivitäten hinausgehend eine Anpassung der Stellplatzherstellungssatzung erwogen werden. Z.B. könnte bei Neubauvorhaben durch die Bereitstellung von Carsharing-Fahrzeugen für Mieter eine Befreiungen oder Erleichterung von Pflichten nach der Stellplatz-Herstellungssatzung erwirkt werden (vgl. Kapitel 4.4). Dies kann einen starken Anreiz für Bauherren und für Unternehmen darstellen, da die Schaffung der gemäß Stellplatz-schlüssel geforderten Anzahl Stellplätze insbesondere in dicht besiedelten Gebieten meist mit hohen Kosten verbunden ist.

6 Elektromobilität im Wirtschaftsverkehr

6.1 Einführung Wirtschaftsverkehr

Unter dem Wirtschaftsverkehr werden alle Ortsveränderungen von Gütern, Personen und Informationen für geschäftliche oder betriebliche Zwecke verstanden.⁵² Er wird unterteilt in Güterverkehr, Personenwirtschaftsverkehr, Geschäfts- und Dienstverkehr und Personenbeförderungsverkehr. Während der Güterverkehr alle Wege von Gütern umfasst (u.a. Citylogistik), werden gewerbliche Wege von Personen mit dem Ziel der Erbringung einer Dienstleistung (z.B. Pflegedienste) als Personenwirtschaftsverkehr bezeichnet. Der Personenbeförderungsverkehr beinhaltet schließlich alle Wege von Personen, die der gewerblichen Personenbeförderung mit privaten oder öffentlichen Verkehrsmitteln dienen (z.B. Taxiverkehr).⁵³

Elektromobilität kann nicht nur im Personenverkehr eingesetzt werden (vgl. Kapitel 8), sondern hat u.a. auch im Bereich der Logistik, der Personenbeförderung im Taxiverkehr sowie im Pflege-sektor das Potential, Emissionen zu verringern.

Mit ca. 20 bis 30 % stellt der Güterverkehr in Städten einen signifikanten Anteil am Verkehrsaufkommen dar, ist jedoch in Stoßzeiten für ungefähr 80 % der Staus verantwortlich⁵⁴. Der Güterverkehr wird bis 2030 im Vergleich zu 2010 voraussichtlich um ca. 38 % zunehmen⁵⁵.

Die City-Logistik lässt sich in drei Segmente aufteilen: KEP-Dienste, Speditionen und Abfalllogistik. Die KEP-Dienste (Kurier-Express-Paket) stellen hauptsächlich B2C-Sendungen an Privatkunden zu, weisen pro Tour eine hohe Anzahl an Stopps auf, liefern jedoch pro Stopp nur geringe Sendungsmengen aus. Dazu zählen u.a. Dienstleister wie DHL & Deutsche Post, DPD, UPS, GLS, Hermes. Seit dem Jahr 2000 hat sich die Zahl der jährlich durch KEP-Dienste transportierten Waren in Deutschland verdoppelt⁵⁶. Speditionslieferungen dienen hauptsächlich der Belieferung des Einzelhandels und des Gewerbes. Sie weisen weniger Stopps auf, stellen jedoch pro Stopp ein größeres Sendungsaufkommen zu. Das dritte Segment der City-Logistik ist die Abfalllogistik.

Die Stadt Brandenburg an der Havel leidet aktuell weder unter akuten Verkehrsproblemen noch unter schlechter Luftqualität und hat damit, im Gegensatz zu anderen Städten, keinen unmittelbaren Zeitdruck zur Findung von alternativen City-Logistik-Konzepten. Dennoch bietet sich aufgrund der Prognosen über die weitere Zunahme des Lieferverkehrs in Städten generell sowie aufgrund der Potentialbetrachtung von Elektromobilität in Brandenburg an der Havel die Gelegenheit, bereits jetzt erste Berührungspunkte mit der Thematik zu schaffen. Darüber hinaus wird die Erstellung innovativer City-Logistik-Konzepte mit der Förderrichtlinie Städtische Logistik durch das BMVI gefördert. Der Bund will damit die Länder und Kommunen in ihren Bemühungen um eine effiziente und zukunftsfähige Logistik unterstützen.⁵⁷

Im Lieferverkehr des Einzelhandels ist die Problematik der Konsolidierung bei den großen Einzelhandelsketten insofern gelöst, als dass diese aus Kostengründen die Belieferung bündeln, um die Lieferfahrten zu reduzieren. Hierbei liegt Optimierungspotential vor allem in den Zeitfenstern, in welchen die Belieferung stattfindet - im Normalfall meistens morgens - so dass die Ware möglichst frisch angeboten werden kann. Dies fällt jedoch teilweise mit dem Arbeits- und Pendelverkehr zusammen, was sowohl die Lieferzeit verlängert als auch zusätzlich die Verkehrssituation verschärft.

52 vgl. KID 2010
53 vgl. iöw 1997
54 vgl. Prümm et al. 2017
55 vgl. NOW 2018
56 vgl. BIEK 2018
57 vgl. BMVI 2019

6.2 Innovative Konzepte für KEP-Dienste

6.2.1 Belieferung des Einzelhandels

Bei der Belieferung des Einzelhandels gibt es Optimierungspotential. Um den Lieferverkehr aus den verkehrstechnisch starken Zeiten der Pendlerbewegungen herauszulösen, besteht die Möglichkeit, diese Transporte in Zeitfenster zu legen, in welchen die Verkehrssituation entspannter ist. Dies sind konkret die Abend- und Nachtstunden. Problematisch sind bei einer nächtlichen Belieferung vor allem die notwendigen Lärmschutzmaßnahmen und Ausnahmegenehmigungen.

Sowohl die Lieferanten als auch die belieferten Händler müssen Konzepte erarbeiten, welche die Einhaltung der nächtlichen Lärmbegrenzungen gewährleisten. Der Einsatz von Elektro-Lkw ermöglicht die geräuscharme Anlieferung der Waren. Weiterhin ist jeder Schritt vom leisen Schließen der Tür des Lkws über die Nutzung der Hebebühnen am Fahrzeug bis hin zur Verwendung von Rollcontainern für den Transport in das Gebäude zu untersuchen, um zu überprüfen, inwiefern Lärm entsteht und wie dieser vermieden werden kann.

Laut Ergebnissen eines Pilotprojekts der Rewe Group liegen die Mehrkosten bei 6 % im Vergleich zur konventionellen Lieferung. Dies begründet sich mit den Kosten für die zusätzliche Personalbereitstellung sowie zum großen Teil mit den Anschaffungskosten für Elektro-Lkw inkl. LIS. Eine weitere Problematik stellt z.T. die Erteilung von Ausnahmegenehmigungen für nächtliche Belieferungen dar.

6.2.2 Arbeitgeberbelieferung

Die Einbindung großer Arbeitgeber in der Stadt Brandenburg an der Havel kann eine weitere Verkehrs- und damit Emissionsreduktion bewirken, nämlich durch Belieferung am Arbeitsplatz.

Private Bestellungen werden nicht nach Hause, sondern an den Arbeitsplatz geliefert und nach der Arbeit zum Wohnort transportiert. Für KEP-Dienste hat dies den Vorteil der Bündelung von Zustellungen bei großen Arbeitgebern. Zusätzliche Zustellfahrten aufgrund des Nichtantreffens der Empfänger werden reduziert. Für Arbeitgeber kann diese zusätzliche Leistung mit geringem Aufwand die Attraktivität des Arbeitsplatzes für die Arbeitnehmer erhöhen.

Der Bedarf an einer solchen Zustellform wird durch eine Umfrage der PricewaterhouseCoopers GmbH belegt, nach der 60 % der befragten Berufstätigen einen solchen Service gern nutzen würden. 12 % der Befragten könnten sich vorstellen, für diesen Service ein geringes Entgelt zu entrichten⁵⁸.

6.2.3 Paketstationen

Um mehrfache Anfahrten bei der Belieferung von Privatpersonen zu minimieren, werden zunehmend Paketstationen errichtet, zu denen der Empfänger seine Paketsendungen schicken lassen und sie dort abholen kann. Daraus ergeben sich Minderung von Emissionen und Verbesserungen im Verkehrsfluss.

Zur Errichtung von Paketstationen eignen sich zentrale Punkte in der Innenstadt oder intermodalen Verknüpfungspunkte, die alltäglich ohnehin aufgesucht werden. Außerdem können sie in Wohngebieten, idealer Weise in Zusammenarbeit zwischen den Wohnungsunternehmen errichtet werden können. Und Stationen können nahe großen Unternehmen errichtet werden.

⁵⁸ vgl. Prümm et al. 2017

DHL betreibt dieses Konzept bereits erfolgreich seit einigen Jahren für die eigene Zustellung.⁵⁹ Im Gegenzug hat sich das Unternehmen ParcelLock als Joint Venture von Hermes, dpd und GLS etabliert, welches anbieterneutrale Paketkästen in verschiedenen Größen anbietet. Die Spannweite reicht dabei von Paketkästen für Einfamilienhäuser bis hin zu solchen, die ähnlich den Paketstationen von DHL größere Einzugsbereiche, bspw. in Wohngebieten, abdecken können.⁶⁰

Ein weiterer Ansatz sind „Smarte Paketkästen“ in Wohnanlagen und Mehrfamilienhäusern. Dafür kooperiert die Post in einem Pilotprojekt mit Berliner Wohnungsgesellschaften. Die Kästen werden bspw. an Mehrfamilienhäusern installiert und können von den Zulieferern mittels Code geöffnet und so die Pakete abgeliefert werden. Der Kunde öffnet sie dann mit seinem Code.⁶¹

6.2.4 City-Hub-Konzept (Unterverteilzentrum)

Bürger der Stadt Brandenburg an der Havel beziehen Waren aus unterschiedlichen Quellen. Daraus resultieren viele Transportvorgänge, bei denen einzelne Lieferfahrzeuge oft nicht optimal ausgelastet werden.

Ein City-Hub-Konzept sieht vor, möglichst alle Transporte in die Stadt hinein an einem Unterverteilzentrum (Hub) im Außenbereich zu bündeln. Die eingehenden Waren werden hier gesammelt und gebündelt auf anbieterneutrale Fahrzeuge umgeladen. So können sämtliche Sendungen in die Stadt mittels einer entsprechenden Tourenplanung und unter Auslastung der vorhandenen Fahrzeuge mit einem Minimum an zurückzulegender Strecke oder einem Minimum an eingesetzten Fahrzeugen ausgeliefert werden.⁶²

Viele Streckenabschnitte werden täglich mehrfach durch Fahrzeuge verschiedener Lieferdienste befahren, obwohl das Gesamtaufkommen an zuzustellenden Sendungen durch eine einzige Tour bewältigt werden könnte. Zustellungsprozesse sind in der Regel bestmöglich optimiert, aber jeweils nur innerhalb ihres eigenen Systems. Durch ausbleibende Kooperation wird das volle Optimierungspotential nicht erreicht. Daraus ergeben sich Probleme wie von Zustellfahrzeugen blockierte Straßen, aber auch eine erhöhte Emissionsbilanz.

Die Stadt Brandenburg an der Havel wird durch DHL, dpd, GLS und Hermes beliefert. Die Verteilzentren der Akteure befinden sich in räumlicher Nähe zu Brandenburg an der Havel in Nauen-Börnicke, Wustermark, Nuthetal und Berlin.

Die Bereitschaft aller Akteure zu einer Konsolidierung des Lieferverkehrs ist für Brandenburg an der Havel gegenwärtig nicht gegeben. Und es fehlen wirksame Instrumente zur Durchsetzung. Aber es bestehen noch andere Möglichkeiten zur Reduzierung der Emissionen durch den Lieferverkehr und zur Reduzierung der Anzahl an Lieferfahrzeugen in der Stadt.

Um nahezu ohne eine Veränderung der herkömmlichen Transportvorgänge Emissionen im Stadtbereich einzusparen, ist die Umstellung der Fahrzeugflotte der KEP-Dienste auf Elektrofahrzeuge eine Option. Die Deutsche Post setzt bereits in vielen Städten den eigens entwickelten Elektrotransporter „StreetScooter“ ein⁶³. Während der Einsatz solcher Fahrzeuge im Innenstadtbereich sowohl den Treibhausgasausstoß als auch die Schadstoff- und Lärmemissionen reduzieren kann, ist davon auszugehen, dass bei aktuell marktüblichen Preisen eine vollständige Elektrifizierung des Fuhrparks aus wirtschaftlicher Sicht nicht möglich ist.

59 vgl. DHL 2019

60 Vgl. ParcelLock 2019

61 vgl. Berliner Zeitung 2018

62 vgl. Wanner 2016

63 vgl. Henßler 2018

Der Ersatz eines Dieseltransporters durch einen Elektrotransporter wird je nach den Gegebenheiten vor Ort erst ab einem Dieselpreis von 3,50 bis 4,50 € wirtschaftlich. Diese Berechnung berücksichtigt nicht die Bereitstellung von Ladeinfrastruktur⁶⁴. Um diesen Ansatz umzusetzen, bedarf es demnach einer Anreizsetzung für die KEP-Dienste, um die Elektrifizierung zumindest in den Innenstädten, wo ihre Auswirkungen am stärksten spürbar sind, voranzutreiben. Dies ist beispielsweise mit Sondergenehmigungen für Fahrten in bzw. durch die Innenstadt durchsetzbar, die nur an Dieselfahrzeuge der Euro-6-Norm sowie Elektrofahrzeuge ausgegeben werden.

6.2.5 Mini-Hub & Radlogistik

Eine weitere Möglichkeit, die nicht nur Emissionen, sondern auch den Verkehr im KEP-Dienst reduziert, ist die Einrichtung von Flächen, welche von KEP-Diensten als Mini-Hubs verwendet werden können.

Dieses Konzept ist ebenfalls für Innenstadtgebiete vorgesehen. Es umfasst einen weiteren Umschlag in der Transportkette. Die zuzustellenden Sendungen werden zunächst zu einem solchen Mini-Hub transportiert. An diesem Mini-Hub werden die Sendungen auf Lastenfahrräder umgeschlagen, welche vom Mini-Hub aus die Zustellung zum Kunden übernehmen.

Zwar sind die Ladekapazitäten von Lastenrädern geringer als die von konventionellen, jedoch können die Lastenräder aufgrund des kleinen Einsatzgebietes (idealer Umkreis: 2–3 km) mehrfach zum Mini-Hub zurückkehren, um nachzuladen.

Der Zustellzeitraum muss gegebenenfalls verlängert werden. Es entsteht zusätzlicher Personalbedarf⁶⁵. Je nach Konzept ist der Mehrbedarf an Personal jedoch nicht übermäßig groß. Bei Pilotprojekten in Nürnberg und Stuttgart festigte sich die Prognose, dass pro ersetzttem Transporter 1,1 bis 1,3 Lastenräder verwendet werden müssen⁶⁶. Zu beachten ist bei einem solchen Konzept, dass dennoch ein konventioneller oder elektrifizierter Transporter für Sendungen, welche zu schwer oder voluminös für die Belieferung mit einem Lastenrad sind, vorgehalten werden muss.

Alle großen KEP-Dienste (DHL, DPD, Hermes, UPS sowie GLS) haben bereits Pilotprojekte auf Basis des Mini-Hub-Konzepts durchgeführt. Und sie halten diesen Ansatz für Innenstädte auch für vielversprechend⁶⁷. Daraus lässt sich schließen, dass solche Konzepte nach und nach, insbesondere in Städten mit einer verschärften Emissions- und Verkehrssituation, zum Einsatz kommen werden.

Diese vielversprechende Ausgangslage kann auch in Brandenburg an der Havel genutzt werden, indem eine Abstimmung mit den vor Ort ansässigen KEP-Dienstleistern stattfindet und gegebenenfalls evaluiert wird, wie ein solches Konzept für Brandenburg an der Havel genau aussehen kann, in welchen Bereichen der Einsatz sinnvoll ist und wo Standorte für Mini-Hubs zur Verfügung stehen.

6.2.6 Akteursbeteiligung

Im Rahmen der Projektbearbeitung wurde Kontakt zu den verantwortlichen Akteuren von DHL, dpd, GLS und Hermes aufgenommen. Vertreter von dpd, GLS und Hermes zeigen sich offen für innovative und nachhaltige Lösungen für Brandenburg. Die Akteure wurden zu einem gemeinsamen Termin eingeladen.

64 vgl. Reichel 2017

65 vgl. Stuttgart 2015

66 vgl. Reichel 2017

67 vgl. Nallinger 2018

Ziel des Termins war die Identifikation geeigneter Handlungsansätze für die Stadt Brandenburg. Ausgangspunkte der Überlegungen waren Elektrifizierung der Zustellfahrzeuge, Bündelung von Zustellfahrten und Einsatz von Lastenfahrrädern für die letzte Meile. Die vorrangige Frage an die eingeladenen Akteure ist jedoch, welche Konzepte für Brandenburg an der Havel realisierbar sind. Dabei werden die folgenden übergeordneten Zielstellungen verfolgt:

- Reduktion der Verkehrsbelastung in der kleinräumigen Innenstadt
- Mit positivem Beispiel vorangehen
- Abheben von anderen Städten mit ähnlichen Rahmenbedingungen

Im Rahmen des Termins wurden folgende Ansätze für die Stadt Brandenburg an der Havel diskutiert:

- **Konsolidierte Zustellung (Anbieterneutrale Bündelung von Paketen)**

Dieser Ansatz ist aus Anbietersicht allgemein nicht realisierbar. Die Gründe dafür liegen u.a. darin, dass jedes Unternehmen seinen eigenen Kundenstamm bewahren will und über eine eigene IT-Infrastruktur verfügt, die ihrerseits auf die Optimierung der Zustellung ausgerichtet ist. Eine effiziente konsolidierte Zustellung würde die Vereinheitlichung der IT-Systeme bedeuten, was mit einem hohen Aufwand einhergeht. Darüber hinaus sind die Zustellfahrzeuge der einzelnen Anbieter ohnehin voll beladen. Und auch Fragen der Haftung, z.B. bei Abhandenkommen einer Sendung, spielen bei der Ablehnung eine Rolle.

- **Einsatz von Lastenrädern**

Realisierbar wäre ein zwar nach Anbietern getrennter, jedoch räumlich gemeinsamer Umschlagpunkt, wie es bspw. im Berliner Projekt KoMoDo bereits getestet wird. Die Praktikabilität des Ansatzes ist jedoch stark vom Standort abhängig und nur in Quartieren mit einer hohen Bevölkerungsdichte und einer entsprechenden Infrastruktur (qualitativ hochwertige Radwege für den Einsatz von Lastenfahrrädern, Lieferzonen etc.).⁶⁸

GLS sieht die Belieferung mit Lastenrädern in der Stadt Brandenburg als realisierbar an. Herausforderung sind jedoch die oft fehlenden Radwege in den entsprechenden Gebieten (bspw. Neustadt, Altstadt). Zwar sind Radwege, die in einem Ring um das Stadtgebiet herum verlaufen, sowie Radwege an den Havelufern vorhanden. Kritisch ist jedoch der Bereich der historischen Innenstadt mit Kopfsteinpflaster und Straßenbahnschienen.

- **Elektrifizierung von Zustellfahrzeugen**

Voraussetzung für die Belieferung mit Elektrofahrzeugen durch die Zusteller ist die Bereitstellung von LIS durch die Stadt Brandenburg. Lademöglichkeiten für die elektrischen Zustellfahrzeuge würden von den KEP-Diensten weder errichtet, betrieben noch finanziert werden. Zwar würden die Kosten für den Strom übernommen werden, jedoch ist auch hier die Höhe der Stromkosten relevant, da bei erhöhten Strompreisen der Betrieb dieselbetriebener Lieferwagen günstiger ist.

Die Tauglichkeit von elektrischen Zustellfahrzeugen ist für die Unternehmen unterschiedlich und abhängig vom Kundenkreis und Liefergebiet. Für dpd sind die Reichweiten und

⁶⁸ Der Aktionsradius eines Lastenrades beträgt ca. 5 - 7,5 km, die gesamte Fahrtstrecke am Einsatztag ca. 25-30 km, das Ladevolumen ca. 1,5 - 2 m³.

Transportergrößen aktuell am Markt verfügbarer Elektrofahrzeuge nicht ausreichend, im Falle einer Elektrifizierung müsste mit mehr Fahrzeugen beliefert werden. GLS hingegen hat bereits elektrische Fahrzeuge für die Flotte geordert.

Wenn alle Zusteller in der Stadt nur noch elektrisch beliefern sollen, wäre dafür eine sehr große Lagerhalle mit LIS an einem zentralen Standort nötig, in der die Fahrzeuge der verschiedenen Anbieter über Nacht geladen werden können. Darüber hinaus muss am Tag ein Umschlag für alle Anbieter etwa zur gleichen Uhrzeit realisiert werden können. Aus Sicht der anwesenden Vertreter ist dies in Brandenburg kaum realisierbar.

- **Ausweisung von Lieferzonen durch die Stadt**

Zustellfahrzeuge parken oft entweder in 2. Reihe und blockieren so den fließenden Verkehr oder parken Fuß- und Radwege zu. Insbesondere in den meist schmalen Straßen in der Innenstadt Brandenburgs stellt dies eine Herausforderung dar.

Abhilfe kann durch die Ausweisung von Lade-/Lieferzonen geschaffen werden, in denen die Zusteller die Fahrzeuge abstellen und die letzten Meter zum Empfänger zu Fuß zurücklegen. Praktikabel sind die Stellflächen aus Sicht der Zusteller dann, wenn mind. zwei Fahrzeuge (7,5t) gleichzeitig abgestellt werden können.

Die Herausforderung besteht jedoch in der tatsächlichen Nutzung der ausgewiesenen Lieferzonen durch die Fahrer der Zustellfahrzeuge. Für diese bedeutet der damit entstehende längere Fußweg einen erhöhten (zeitlichen) Aufwand.

Im Sinne einer nachhaltigen Innenstadtbeflieferung wäre es bspw. denkbar, eine Vereinbarung zwischen Stadt und Lieferdienst(en) zu treffen, dass bei Ausweisung solcher Ladezonen inkl. Ausstattung mit LIS durch die Stadt im Gegenzug in den entsprechenden Gebieten mit Elektrofahrzeugen beliefert wird.

Die Ausweisung von Lieferzonen sollte in das Parkraumkonzept der Stadt Brandenburg an der Havel eingebunden werden.

- **Zeitliche Beschränkung der Belieferung in der Innenstadt**

Eine zeitliche Einschränkung für die Belieferung der Innenstadt ist grundsätzlich möglich. Das Zeitfenster, in dem Zustellungen erfolgen können, darf nicht zu knapp bemessen sein. Zusteller müssten mit mehr Fahrzeugen und mehr Personal beliefern, um alle Sendungen zustellen zu können. Es entstehen höhere Kosten und die Auslastung der Fahrzeuge verringert sich. Die Verkehrsbelastung steigt im genehmigten Zeitfenster.

Öffnungszeiten der Geschäfte und die aktuellen Lieferzeiten der Zusteller müssen berücksichtigt werden. Die Belieferung in Brandenburg findet vorrangig zwischen 9 und 10 Uhr statt, bis 13 Uhr sind 95 % der Sendungen zugestellt. Dieses Zeitfenster sollte bei der Ausweisung einer zeitlichen Beschränkung für die Belieferung berücksichtigt werden. Ggf. können Elektrolieferfahrzeugen größere Zeitfenster eingeräumt werden.

Die Erfahrungen der Logistiker zeigen, dass eine Regulierung ausschließlich über Beschilderung nicht zum gewünschten Effekt führt. Für eine Durchsetzung der zeitlichen Einschränkung sollten physische Begrenzungen, bspw. Poller, errichtet werden.

- **Paketstationen**

Rund die Hälfte aller Sendungen wird nicht beim ersten Zustellversuch ausgeliefert. Lieferverkehr zu reduzieren kann daher nur gelingen, wenn diese Quote deutlich erhöht wird.

Die Errichtung von Paketstationen wird von den anwesenden Logistikern nicht zuletzt aufgrund der geringen Dichte von Paketshops in Brandenburg an der Havel befürwortet.

An den Stationen können die Fahrer die Pakete geordnet und zügig abliefern, Zweit- und Drittanfahrten werden dadurch vermieden.

In Zusammenarbeit mit den Wohnungsunternehmen können geeignete Standorte in den Wohngebieten ermittelt werden, wo die Errichtung von Paketstationen besonders sinnvoll ist, da die Empfänger ihre Sendungen auf dem Heimweg abholen können und selbst keine zusätzlichen Wege absolvieren müssen.

Für die Wohnungsunternehmen ergibt sich durch die Bereitstellung und den Betrieb von Packstationen eine Aufwertung des Wohnraumes.

Die Stationen sollten für alle Anbieter zugänglich sein, jedoch mit getrennten Systemen betrieben werden können.

Darüber hinaus eignet sich insbesondere durch die hohen Pendelaktivitäten nach Berlin und Potsdam der Bahnhof Brandenburg an der Havel für die Errichtung einer Packstation. Die Errichtung an weiteren Knotenpunkten ist ebenfalls möglich.

7 Elektromobilität im Tourismus

Der Tourismus ist ein wichtiger Wirtschaftsfaktor für die Stadt Brandenburg an der Havel. Der saisonale Schwerpunkt liegt im Sommerhalbjahr zwischen Juni und August.⁶⁹ Durch ein anhaltendes Wachstum der Übernachtungen in den letzten 3 Jahren nähern sich die Übernachtungszahlen dem hohen Niveau aus dem Jahr der Bundesgartenschau (2015). Die zahlreichen Übernachtungen auf dem Wasser sind dabei noch nicht eingerechnet. Nach Schätzungen der Stadtverwaltung stehen auf den Gewässern im Revier über 1.000 zusätzliche Betten zur Verfügung. Auch der Tagestourismus durch Besucher aus Berlin und Potsdam spielt eine wichtige Rolle.

Das Tourismuskonzept von 2016 definiert die Vision, Entwicklungsziele und Handlungsschritte im touristischen Bereich für Brandenburg an der Havel bis 2030. Als übergeordnetes Entwicklungsziel wird u. a. Klimaschutz aus Verantwortung definiert.⁷⁰ Die Oberziele beinhalten eine positive Tourismusentwicklung, die Fokussierung auf chancenreiche Themen mit einer hohen Marktattraktivität, eine gesteigerte Qualität der Angebote und Infrastruktur sowie die Akzeptanz des Tourismus durch die Einwohner.

Im Tourismusbereich bietet eine thematische Profilierung sowie die Entwicklung einer touristischen Identität ein hohes Potential für die städtische Entwicklung. Aufgrund der lokalen Besonderheit durch den Verlauf der Havel durch die Innenstadt von Brandenburg an der Havel, wird im Tourismuskonzept neben dem Profiltitel *Kulturstadt im Wandel der Zeit* auch das Profiltitel *Stadt im Fluss* identifiziert. Auf Basis einer SWOT-Analyse werden fünf Handlungsfelder *Infrastrukturentwicklung, Qualitätssicherung, Angebots- und Produktentwicklung, Kommunikation und Marketing* sowie *Organisation und Kooperation* für die zukünftige Entwicklung des städtischen Tourismus festgelegt und Maßnahmen dazu entwickelt. Ein Tourismus für Alle wird angestrebt, durch den auch Menschen mit Beeinträchtigungen oder Touristen höheren Alters Berücksichtigung finden und so neue Zielgruppen erschlossen werden.

Im Elektromobilitätskonzept wird auf Einsatzbereiche der Elektromobilität im Wassertourismus fokussiert. Der Schwerpunkt liegt auf der Fahrgastschiffahrt. Hinzu kommen Anleger für private Boote und der Verleih von Booten, Kanus etc.

7.1 Wassertourismus in der Stadt Brandenburg an der Havel

Unter Wassertourismus werden alle Tourismusangebote mit dem offenen Meer, Küstengewässern, Seen, Flüssen oder Kanälen als Grundvoraussetzung verstanden.⁷¹ Dazu zählen zum einen Aktivitäten wie Motorboot fahren, Segeln, der Kanutourismus, Surfen, Tauchen und Trendsportarten wie Rafting, Wasserski und Canyoning sowie andererseits die Fahrgastschiffahrt.⁷²

Für 83 % (50,5 Mio.) der deutschen Bevölkerung von 14 bis 70 Jahren kommt in den nächsten fünf Jahren die Ausführung mindestens einer der vielfältigen Wasseraktivitäten zumindest grundsätzlich in Frage.⁷³

Brandenburg an der Havel verfügt über das größte zusammenhängende schiffbare Gewässersystem aller Kommunen im Land Brandenburg (ca. 18 % der Stadtfläche sind Gewässer) und bietet eine moderne wassertouristische Infrastruktur.⁷⁴ Die Stadt Brandenburg an der Havel hat sich deshalb neben Rad-, Wander- und Naturerholungsangeboten u. a. die Profilierung als Aus-

69 vgl. Stadt Brandenburg an der Havel 2016b

70 vgl. ebd.

71 vgl. BTE/dwif 2003

72 vgl. BMWi 2013

73 ebd.

74 vgl. Stadt Brandenburg an der Havel 2016b

gangspunkt und Stopover für Wasserwanderer zum Ziel gesetzt und schreibt dem Wassertourismus eine bedeutende Rolle zu.

Die Stadt erfreut sich großer Beliebtheit bei Wassersportlern und -wanderern, wobei motorbetriebene Boote mit einem vergleichsweise hohen Anteil von 90 % eine vordergründige Rolle auf den Gewässern der Stadt Brandenburg einnehmen. So werden auf dem barrierefreien Salonsschiff „Pegasus“ Stadtführungen vom Fluss aus angeboten. An mehreren Marinas in der Stadt besteht die Möglichkeit, teilweise führerscheinfreie Hausboote und Flöße sowie andere Wasserfahrzeuge zu chartern. Neben Fahrgastschiffen und motorisierten Sportbooten eignet sich das abwechslungsreiche Gewässersystem auch für weitere Nutzergruppen wie z. B. Segler und Kanuten. Die Untere Havel-Wasserstraße quert Brandenburg an der Havel und bietet die Möglichkeit des Anschlusses nach Berlin, bis nach Hamburg oder über Dresden nach Prag. Besonders die Gewässerlandschaft der Brandenburger Havelseen ist ein attraktives Segelrevier.

Als Schwächen der wassertouristischen Infrastruktur nennt das Tourismuskonzept u. a. die teilweise längeren Wartezeiten an Schleusen, den Liegeplatzmangel sowie die Notwendigkeit der Aktualisierung der land- und wasserseitigen Informationen und Leitsysteme.

Besucher erwarten ein ganzheitliches Angebot, eine spezifisch an die Nutzeranforderungen zugeschnittene Infrastruktur und eine durchgehend hohe Qualität in der gesamten Angebots- und Servicekette. Durch steigende Umweltaforderungen besteht zudem ein Trend zu einem nachhaltigen Lebensstil und einer erhöhten Bereitschaft zum Aufenthalt im Heimatland.⁷⁵ Anschließend an die Aktivitäten auf dem Wasser bieten die attraktiven Uferwege der Stadt Brandenburg an der Havel eine hohe Verweilqualität sowie ein umfangreiches Campingangebot. Vielfältige Wander-, Rad- und Reitwege ergänzen das aktivtouristische Angebot. Hier bieten sich Anknüpfungspunkte zum Thema Elektromobilität, da attraktive und wassernahe Fahrradwege mit geringem Höhenunterschied eine hohe Anziehungskraft auf Besitzer von Pedelecs ausüben. Durch das Angebot von Lademöglichkeiten für Pedelecs an Marinas oder anderen wassertouristisch relevanten Plätzen, können Synergien entstehen und zusätzliche Zielgruppen für den Wassertourismus gewonnen werden.

Im Bereich des Wassertourismus wird in Deutschland neben den Informationssystemen „Gelbe Welle“, „Qualitätssiegel maritim“ und „DKV Kanustation“ das Klassifizierungssystem des ADAC anhand von „Steuerrädern“ genutzt. Dabei werden Einzelbewertungen in den Bereichen *Verpflegung und Freizeit* sowie *Technik und Service* vorgenommen. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Elektrifizierung im Bereich des Wassersports nimmt die Bedeutung geeigneter Stromanschlüsse an den Liegeplätzen zu.

Da Wassertouristen die anzulaufenden Marinas zunehmend über Internetportale auswählen, die ein schnelles Identifizieren der wichtigen Ausstattungsmerkmale ermöglichen, ist eine Erweiterung des Angebots nach den Bedürfnissen der Nutzer von elektrisch angetriebenen Booten relevant. Für die maximale Bewertung durch die ADAC-Klassifikation in Bezug auf die Stromversorgung ist eine überwiegende Ausstattung der Liegeplätze mit einem Stromanschluss vorausgesetzt und im Hafen muss ein Drehstromanschluss verfügbar sein.

Brandenburg an der Havel bietet Wassertouristen sowie einheimischen Wassersportlern sechs öffentliche Marinas bzw. Bootsliegeplätze. Vier der Marinas bzw. Anleger stellen den Nutzern eine Stromversorgung am Steg bereit. Die Suche nach diesbezüglichen Informationen und insbesondere spezifischen Angaben zu den Stromanschlüssen ist für Besitzer von elektrisch angetriebenen Booten momentan jedoch recht zeitintensiv. Um diese Zielgruppe verstärkt anzusprechen, ist eine stärkere Bekanntmachung der vorhandenen Infrastruktur anzustreben.

⁷⁵ vgl. BMWi 2013

Tabelle 12: Ausstattung der Schiffs- und Bootsanleger in Brandenburg an der Havel mit Stromanschlüssen

Anleger	Ausstattung	Anmerkungen
Fahrgastschifffahrt Flusskreuzfahrt/Hotelschiffe		
Neustädtisches Wassertor	2 x 125 A	Erweiterung geplant
Am Beetzseeufer	kein Stromanschluss	wünschenswert, jedoch bisher keine Planungen
Bornufer-Plaue	kein Stromanschluss	
Seeblick Kirchmöser	kein Stromanschluss	
Fahrgastschifffahrt Ausflug/Kurzzeitanleger		
Salzhofufer	kein Stromanschluss	Ausstattung geplant
A.-Messel-Platz	kein Stromanschluss	bisher keine Planungen
Packhof	kein Stromanschluss	bisher keine Planungen
Wiesenweg	kein Stromanschluss	bisher keine Planungen
Sportbootanleger		
Slawendorf	<ul style="list-style-type: none"> • 63 A Hausanschluss • Stegausstattung mit 4 Versorgungssäulen mit je 4 CEE-Anbausteckdosen 16A, 3-pol 	Notwendigkeit der Erhöhung des Hausanschlusses muss geprüft werden
Packhofufer	<ul style="list-style-type: none"> • 50 A Hausanschluss • Hausanschlusskabel bis 100 A • Stegausstattung mit 6 Versorgungssäulen mit je 2 ein- und 2 dreiphasigen Steckdosen 	Notwendigkeit der Erhöhung des Hausanschlusses muss geprüft werden
Neustädtisches Wassertor	50 A Hausanschluss	
Salzhofufer	kein Stromanschluss	bisher keine Planungen
Wiesenweg	<ul style="list-style-type: none"> • 63 A Hausanschluss • Stegausstattung mit 2 Versorgungssäulen mit je 4 CEE-Anbausteckdosen 16A, 3-pol 	
Jungfernteig	kein Stromanschluss	bisher keine Planungen

7.2 Elektromobilität in der Schifffahrt

Für Deutschland definiert der Klimaschutzplan 2050 die angestrebte Senkung der CO₂-Emissionen aus dem gesamten Verkehrssektor, wozu auch der Binnenschiffsverkehr zählt, bis 2030 um 42 bis 40 % gegenüber 1990.⁷⁶

Die Entwicklung der Elektromobilität in der Schifffahrt steht noch am Anfang. Erste Lösungen existieren bereits im Bereich von Auto- und Passagierfähren. Insbesondere in Skandinavien sind auf den Gewässern schon (teil-)elektrische Modelle unterwegs. Die Vorreiterrolle Norwegens in der Elektromobilität zeigt sich auch in der Schifffahrt. Das Land will schnellstmöglich, spätestens aber ab 2026 in den Welterbe-Fjorden nur noch emissionsfrei betriebene Schiffe zulassen⁷⁷.

⁷⁶ vgl. BMUB 2016

⁷⁷ vgl. electrive.net 2018b

Auch die Binnenschifffahrt steht als wichtiger Teil deutscher und europäischer Logistikketten sowie als öffentliches Verkehrsmittel vor Herausforderungen. Die steigende Zahl von Niedrigwasserperioden gefährdet die Versorgungssicherheit durch Binnenschiffe über Wasserstraßen.

In Deutschland fährt die weltweit erste vollelektrische Autofähre für Binnengewässer, die „Sankta Maria II“ seit 2017 auf der Mosel zwischen der deutschen Gemeinde Oberbillig und Wasserbillig in Luxemburg. Sie wurde von den Spezialfirmen Formstaal und Ostseestaal gebaut und kostete insgesamt 1,5 Mio €, die über EU-Fördermittel und Kredite von den Gemeinden finanziert wurden. Neben der „Sankta Maria II“ wurden in der Werft Ostseestaal bereits neun weitere Elektro-Solar-Fahrgastschiffe und Fähren für Binnengewässer gebaut, weitere 14 sind in Planung.⁷⁸⁷⁹ Dazu zählen u.a. die seit 2014 im Auftrag der Berliner Verkehrsbetriebe verkehrenden vollelektrischen Fähren „Fährbär I-VI“. Seit ihrer Gründung im Jahr 2018 übernimmt die 100%ige Tochter von Ostseestaal, Ampereship, den Bau der Elektro-Solar-Schiffe für Binnengewässer.⁸⁰

Laut Ostseestaal kann ein Großteil der Binnenschiffe in Deutschland batterieelektrisch betrieben werden. Den höheren Anschaffungskosten stehen Einsparungen in den Betriebskosten gegenüber. Hinzu kommen die aus dem Straßenverkehr bekannten Vorteile der Elektromobilität: keine Schadstoffemissionen im Betrieb, geringer Reparatur- und Wartungsaufwand, kein Kraftstoffverbrauch bei Stillstand, geräuscharmer Betrieb, hoher Wirkungsgrad etc. Darüber hinaus weisen die elektrischen Schiffe einen geringen Tiefgang und eine geringe Wellenbildung auf. Die Batteriekapazitäten der von Ostseestaal gebauten Modelle liegen je nach Größe und Leistungsbedarf zwischen ca. 40 und ca. 250 kWh. Laufende Projekte weisen Kapazitäten bis zu 400 kWh auf. Die Ladung der Schiffe erfolgt über spezielle Ladevorrichtungen.⁸¹ Diese unterscheiden sich je nach Hersteller und Schiffstyp und sind individuell an die Anforderungen des Schiffes und die gegebenen Rahmenbedingungen angepasste Lösungen.

Im Bereich der Sportboote und Motoryachten gibt es ebenfalls einige Hersteller, die elektrische Modelle anbieten. Eine alltagstaugliche Technik existiert bereits, jedoch noch nicht zu vergleichbaren Kosten. Die Preise elektrischer Varianten belaufen sich aktuell meist noch auf das 4-5-fache der vergleichbaren konventionellen Modelle. In dem Segment agiert Torqeedo als einer der führenden Hersteller für Elektromotoren im Bootsbereich.⁸²

Die Batteriekapazitäten der elektrischen Sportboote liegen aktuell meist zwischen 10 und 40 kWh, bei elektrischen Motoryachten bis zu 120 kWh. Die Ladung der meisten Sportboote kann mittels blauen CEE-Stecker mit einer Anschlussleistung von 230V/16A vorgenommen werden. Da die Boote meist über Nacht am Liegeplatz geladen werden, ist ausreichend Zeit verfügbar. Für größere oder leistungsstarke Boote oder Motoryachten sollten Drehstromanschlüsse mit 380V/32A verfügbar sein, um auch für diese Boote eine Vollladung über Nacht zu ermöglichen. Spezielle Ladesysteme oder Schnellladesysteme für die Masse existieren in diesem Bereich aktuell nicht.

Darüber, wie sich die Elektromobilität in den nächsten Jahren entwickeln wird, besteht in der Branche ein differenziertes Bild.⁸³ Elektrisch angetriebene Boote werden möglicherweise nur in relevanter Stückzahl vertreten sein, wenn rechtliche Maßnahmen ergriffen und die Nutzung der Gewässer reguliert wird, wie es auf vielen Seen in Bayern, u.a. dem Starnberger See, schon der Fall ist. Neben dem Verbot von konventionellen Booten kann dies bspw. durch die begünstigte

78 vgl. Ostseestaal GmbH 2018

79 vgl. Ampereship.com 2018

80 ebd.

81 vgl. Ostseestaal GmbH 2018

82 <https://www.torqeedo.com/de>

83 Im Rahmen der Recherche wurden Gespräche mit mehreren Herstellern von Elektrobooten geführt.

oder bevorzugte Vergabe von Liegeplätzen oder Zulassungen für E-Boote erfolgen. Die niederländische Hauptstadt Amsterdam bspw. verbietet die Nutzung aller benzin- und dieseltreibenden Boote im Stadtzentrum ab 2025. Dies gilt auch für kommerzielle Tourenboote.⁸⁴ Darüber hinaus gibt es seit 2019 Vignetten, die die Berechtigung zum Befahren des Stadtgebietes anzeigen. Ein Beitrag zum Fortschritt der Elektromobilität kann zudem durch Zuschüsse für LIS oder eine Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit auf bspw. 15 km/h geleistet werden.

Elektromobilität auf dem Wasser können auch ohne spezifische Maßnahmen in bestimmten Anwendungen einen relevanten Marktanteil erringen, bspw. Segelboote mit elektrischem „Flautenschieber“, Antriebe für Badeboote sowie Personenfähren und Rundfahrboote. Dass sich die Elektromobilität im Langstreckenbereich durchsetzt, sehen die Branchenvertreter aufgrund des hohen Energieverbrauches und der spezifischen Anforderungen nicht.

Sowohl für kleine als auch größere Sportboote und Motoryachten ist es realistisch, die Entfernung von ca. 55 km zwischen Berlin und Brandenburg an der Havel auf dem Wasser elektrisch zurücklegen zu können. Dies gilt ebenso für kleinere Passagierfähren.

In der Kreuz- und Binnenschifffahrt ist die Versorgung von Schiffen mit Landstrom ein aktuell diskutiertes Thema. Die Nutzung des Landstroms ist in den meisten Fällen teurer als der Betrieb der schiffseigenen Generatoren oder die verfügbare Anschlussleistung ist nicht ausreichend, sofern überhaupt eine Landstromanlage verfügbar ist. Verbesserte Rahmenbedingungen und Förderprogramme sollen dazu beitragen, dass die lokalen Emissionen der Schiffe während des Aufenthalts am Liegeplatz reduziert werden.⁸⁵ Dafür wurde im Koalitionsvertrag das Ziel vereinbart, Landstrom möglichst flächendeckend anbieten zu können. Im Masterplan Binnenschifffahrt wird eine bedarfsgerechte Verfügbarkeit von Landstromanlagen angestrebt.⁸⁶

Die Zuständigkeit für die Errichtung und den Betrieb von Landstromanlagen in Binnen- und Seehäfen liegt bei den Bundesländern. Eine Förderung von Landstromanlagen existiert im Land Brandenburg bisher nicht.

Für die Stadt Brandenburg an der Havel bringen Investitionen in Landstromanlagen an den Häfen Vorteile. Neben der Reduzierung der lokalen Schadstoffbelastung können auch die Lärmemissionen, die durch den Betrieb der schiffseigenen Generatoren entstehen, reduziert werden. Beides trägt zur Akzeptanz des Tourismus durch die Einwohner bei. Die Ausstattung der Anleger mit Landstromanlagen verbessert die Angebotsqualität und Infrastruktur. Und die Förderung alternativer Konzepte auf dem Wasser insgesamt trägt zur Erfüllung übergeordneter Ziele des Luftreinhalteplans und des Klimaschutzkonzepts bei.

Die geplante Verbesserung der Ausstattung des Anlegers für die Fahrgastschifffahrt am Neustädtischen Wassertor zielt darauf ab. Wichtig ist, dass dies auf Basis einer konzeptionellen regionalen Abstimmung mindestens im Bereich der Wassertourismusinitiative Region Potsdamer & Brandenburger Havelseen (WIR) erfolgt. Wünschenswert wäre die Förderung der Elektromobilität auf dem Wasser auf Landesebene.

84 vgl. float Magazin 2019

85 vgl. Binnenschifffahrt Online 2018

86 vgl. Deutscher Bundestag 2019

8 Elektromobilität im ÖPNV

Um den schon geringen Schadstoffausstoß im Linienverkehr weiter zu senken, setzen Verkehrsbetriebe zunehmend auf batterieelektrische Busse im Nahverkehr. Ab 2025 tritt zudem die Clean Vehicle Directive der EU in Kraft. Sie schreibt für 2025 und 2030 feste Quoten für die Beschaffung „sauberer Busse“ vor. Die betriebliche und wirtschaftliche Implementierung der Anschaffung von Elektrobussen stellt die Betriebe allerdings vor große Herausforderungen.

Die Stadt Brandenburg an der Havel hat es sich zum Ziel gesetzt, den ÖPNV aufzuwerten. Dies soll u.a. über ein bedarfsgerechtes Fahrtangebot sowie das Aufgreifen neuer Entwicklungen in der Fahrzeugtechnik realisiert werden.

8.1 Grundlagen der Elektrifizierung

Mehrere Städte haben bereits mit verschiedenen Technologien gearbeitet, um über teils umfangreiche Tests und Pilotprojekte die Vorteile und Herausforderungen zu analysieren.

Tabelle 13: Elektrifizierung im ÖPNV: Ausgewählte Projekte und Erfahrungen⁸⁷

Projekt	Erfahrung
Hamburg Top-down-Pantograph & Plug-In-Laden	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz <i>Plug-in-Hybridbusse</i> (3 x Volvo 7900 Electric Hybrid 12 m) • Ladeleistung abhängig von Energieanforderung durch Bus • <i>Verfügbarkeit aktuell geringer</i> als Dieselsebusse • Projektdauer: 2014-2017, jedoch weiterhin Einsatz und Steigerung des E-Anteils
Regensburg Bottom-up-Pantograph & Plug-In-Laden	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz <i>Elektrobusse</i> (Rampini Alé Midibus) • Klimakonzept ohne <i>fossile Heizung</i> benötigt weitere Tests • Hersteller produzieren aktuell in kleinen Stückzahlen → <i>teilweise keine Serienreife</i> • <i>Löschkonzept</i> bei Bränden/Unfällen mit <i>Feuerwehr abzustimmen</i> • Markierung für Anfahrt an LIS und schwingungsfreie Aufhängung wichtig
Stuttgart Plug-In-Gleichstromladesystem	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz <i>Plug-in-Hybridbusse</i> (5 x EvoBus Citaro 18 m) • <i>Anpassung Werkstatt</i> nötig (Lehrgänge/Fortbildungen für Wartungspersonal)
Genf Bottom-up-Pantograph & Plug-In-Laden	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz <i>Elektrobusse</i> • <i>Ladekonzept</i> äußerst <i>erfolgreich</i> (Mischung aus Flash-/Schnell- und Normalladen bei 38 kWh-Batterie) • <i>Mehraufwand durch Umrüstung der Infrastruktur</i> • Laufende Tests, ob Batterie Lebensdauer tatsächlich wie angegeben (10 Jahre)
Köln Top-down-Pantograph & Plug-In-Laden	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz <i>Elektrobusse</i> (8 x VDL Citrea SLFA Electric) • <i>Reichweite über Erwartung</i> (bis 90 km ohne Zwischenladung) • <i>Lediglich</i> Häufung der <i>Ausfälle</i> in <i>Kalibrierungsphase</i> zu Beginn des Projektes • <i>Komfortsteigerung durch Lärmreduktion</i> für Kunden beobachtet • <i>Elektrifizierung für weitere Linien bis 2021 geplant</i>
Mannheim Induktives Laden (Projekt eingestellt)	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz <i>Elektrobusse</i> • <i>Technisch zu aufwendig</i> • <i>Akkuladezeiten zu gering</i> • <i>Zu häufige Wartungsaufenthalte</i>

87 Zusammenstellung nach BMVI

Die Elektrifizierung des ÖPNV hat mehrere Vorteile. Emissionen werden sowohl bei Treibhausgasen als auch bei Lärm reduziert. Obwohl auf absehbare Zeit keine Diesel-Verbote in Brandenburg an der Havel drohen, stellt der Einsatz emissionsarmer bzw. lokal emissionsloser Fahrzeuge dennoch bereits einen die Lebensqualität verbessernden Effekt für die Anwohner dar.

Weiterhin geht von einem elektrifizierten ÖPNV eine Signalwirkung aus, welche einerseits indirekt für die Leistungsfähigkeit der Elektrofahrzeuge wirbt und andererseits für ein positives Image sowohl für den Mobilitätsversorger als auch die Stadt sorgen kann. Darüber hinaus profitieren von einem elektrifizierten ÖPNV weit mehr Menschen, als von der privaten Anschaffung von Elektro-PKW allein, sodass mit einer verhältnismäßig geringen Anzahl an elektrifizierten Fahrzeugen in diesem Bereich ein viel größerer Wirkungskreis erreicht werden kann.

8.1.1 Elektrifizierungsgrade

Bei der technischen Umsetzung der Elektrifizierung des ÖPNV gibt es verschiedene technische Elektrifizierungsgrade und verschiedene Technologien. Als Elektrifizierungsgrad wird bezeichnet, wie stark der Antrieb eines Fahrzeugs tatsächlich elektrisch betrieben wird. Dies reicht vom konventionellen Fahrzeug ohne Elektrifizierung bis hin zum vollelektrisch batteriebetriebenen Fahrzeug.

Ein anfänglicher Elektrifizierungsgrad wird beim Einsatz von Vollhybridfahrzeugen erreicht. Bei diesen beinhaltet der Antriebsstrang des Fahrzeugs sowohl einen Verbrennungsmotor als auch einen Elektromotor. Letzterer wird entweder über den Verbrennungsmotor selbst oder mittels der Rekuperation (Energiegewinnung durch Bremsvorgänge) betrieben, eine Energiezufuhr der Batterien von außen existiert nicht. Somit sind diese Fahrzeuge hauptsächlich von fossilen Treibstoffen abhängig und nutzen die elektrische Komponente zur Reichweitenerhöhung und Kraftstoffeinsparung.

Davon unterscheiden sich die Plug-in-Hybridfahrzeuge, die von außen aufladbare Batterien besitzen. Sie können kurze und mittlere Entfernungen ohne Verbrennungsmotor fahren. Er dient hauptsächlich als Reserve sowie für Langstreckenfahrten.

Den höchsten Elektrifizierungsgrad weisen rein batterieelektrische Fahrzeuge auf. Sie haben keinen Verbrennungsmotor, dafür jedoch meist größere Batterien. Ihre Beladung erfolgt ausschließlich extern über Stecker.

Der Trade-Off der verschiedenen Elektrifizierungsgrade entsteht zwischen der Umweltwirkung und der Fahrzeugreichweite sowie der Dauer des Tankens/Ladens. Obwohl aktuelle Entwicklungen bereits abzeichnen, dass sich die Lücke künftig verkleinert, sind die Reichweiten von elektrischen Fahrzeugen weder im Pkw- noch im Nutzfahrzeugbereich so hoch wie die vergleichbarer Verbrennungsfahrzeuge. Zudem kann das Laden der Elektrofahrzeuge, abhängig von Batteriegröße, Ladestand, verwendeter Ladetechnik und angelegter Stromstärke zwischen einer halben und mehreren Stunden dauern.

Dies kann als Einschränkung für Einsatzbereiche bedeuten, die den kurzfristigen und flexiblen Einsatz von Fahrzeugen auf langen Strecken erfordern. Demgegenüber steht die lokale Emissionslosigkeit der Fahrzeuge sowie auch der global vernachlässigbaren Emissionen im Betrieb – die Verwendung emissionsneutral erzeugten Stroms unterstellt. Zwar setzt die Herstellung eines batterieelektrischen Fahrzeuges deutlich mehr Emissionen frei als die eines Verbrennungsfahrzeugs, dies wird bei Verwendung sauberen Stroms jedoch im Betrieb mehr als ausgeglichen

8.1.2 Ladeinfrastruktur/ Ladetechnik

Unter der Prämisse des Einsatzes rein batterieelektrisch betriebener Fahrzeuge, gibt es zwei Konzepte, die dieser Vorgabe entsprechen und die sich im Wesentlichen in der nötigen Ladeinfrastrukturdichte, Batteriegröße und Einsatzflexibilität unterscheiden.

Opportunity und Overnight Charging

In beiden Fällen fahren die Busse vollelektrisch mit Strom aus mitgeführten Batterien, die extern über Stecker oder über Pantograph-Systeme beladen werden können. Beim Opportunity Charging sind die Batterien verhältnismäßig klein, was eine höhere Passagieranzahl und ein leichteres Fahrzeug ermöglicht. Die geringere Reichweite der Fahrzeuge erfordert über die Einsatzstrecke verteilte Ladepunkte, die Zwischenladen der Batterien ermöglichen. Kleinere Batterien erfordern eine höhere Dichte an Ladeinfrastruktur. Auf diesen Strecken sind die Busse des Opportunity Chargings bei Störungsfreiheit ähnlich dauerhaft einsetzbar wie O-Busse, während dennoch genügend Flexibilität in der Routenwahl besteht, im Falle von Störungen kurze Umwege zu kompensieren.

Im Gegensatz dazu sind Batterien bei Bussen des Overnight Chargings verhältnismäßig groß, was die Bedienung langer Strecken ohne ein Zwischenladen ermöglicht. Ladeinfrastruktur ist reduziert auf Stellplätze, an denen das Fahrzeug außerhalb des Betriebs ruht. Der Einsatz wird möglichst vollständig ohne Zwischenladen abgewickelt. Vorteil ist die hohe Flexibilität im Einsatz durch die Unabhängigkeit von Ladeinfrastruktur. Allerdings ist die Einsatzzeit der Fahrzeuge insoweit beschränkt, dass das Laden der leeren Batterie verhältnismäßig lange dauert (4-10 Stunden).

Welches dieser Konzepte jeweils verwendet wird, hängt von den Gegebenheiten vor Ort, dem Budget und den Präferenzen ab. Steht der dauerhafte Fahrzeugeinsatz auf hochfrequentierten Linien im Fokus und ist die Errichtung entsprechender Infrastruktur möglich und finanzierbar, so bietet sich das Opportunity Charging an. Sind andererseits weitläufige, weniger stark frequentierte Linien im Fokus oder ist das Einrichten einer streckenabhängigen Ladeinfrastruktur nicht möglich, empfiehlt sich das Overnight Charging.

8.1.3 Hinweise zur Ladeinfrastruktur

Neben der Ladetechnik sind für eine Elektrifizierung im ÖPNV jedoch weitere Faktoren wichtig. Bereits im Vorfeld zu prüfen, ob eine ausreichende Stromversorgung gegeben ist, um die nötige Ladeinfrastruktur zu betreiben. Während die notwendige Stromzufuhr beim Overnight-Charging für den einzelnen Bus relativ gering sein kann, da die Ladezeiten entsprechend lange ausfallen dürfen, können sich die Strommengen beim zeitgleichen Laden von mehreren Elektrobussen durchaus auf Werte erhöhen, welche eine zusätzliche Stromversorgung oder ein Lastmanagement erfordern.

Dass sich sowohl der Antriebsstrang, als auch der generelle technische Aufbau der Elektrobusse von den herkömmlichen Bussen mit Verbrennungsmotor unterscheidet, ist ein weiterer zu beachtender Punkt. Obwohl die Wartung von Elektrobussen im Vergleich mit Dieselnissen aufgrund der vergleichsweise weniger mechanischer Teile und des einfacheren Aufbaus grundsätzlich sowohl einfacher als auch günstiger ist, sind hierbei insbesondere in der Einführungszeit mit teilweise erheblichen Aufwendungen zu rechnen. Diese bestehen in der Umrüstung der Werkstätten, der Einrichtung von Dacharbeitsplätzen, der Anschaffung neuer, elektromobilitätskompatibler Ersatzteile und Wartungsgeräte sowie der Schulung des Personals - gegebenenfalls Einstellung von zusätzlichem Fachpersonal wie beispielsweise von Hochvolttechnikern. Zwar werden diese Kosten langfristig durch die Einsparungen sowohl im Betrieb als auch in der Wartung der Fahrzeuge amortisiert, kurzfristig stellt die Umstellung jedoch einen erheblichen Kos-

tenfaktor dar. Daher ist die Inanspruchnahme regelmäßig erscheinender Förderprogramme durch Bund und Länder ratsam.

8.2 Projektspezifika für Brandenburg an der Havel (VBBR)

Anhand der durch den VBBR zur Verfügung gestellten Informationen zum Betriebsablauf wurde das theoretische Elektrifizierungspotential für die Busflotte ermittelt. Als Datengrundlage dienten die Umlaufpläne des täglichen Betriebes. Es wurde eine Abschätzung des Elektrifizierungspotentials vorgenommen, welche nicht fahrzeugscharf, sondern lediglich auf die Umläufe bezogen ist. Die Analyse zielt also darauf ab, für die Elektrifizierung geeignete Umläufe zu ermitteln, ohne die Umlaufplanung des Unternehmens zu verändern.

Datenaufbereitung und Parameter

Vorgehensweise:

1. Aufbereitung der Umlaufpläne und Ableitung der absoluten Fahrdauern je Umlauf.
2. GIS-basierte Analyse der Linienlängen und Verknüpfung mit Umlaufplan, um Darstellung absolvierter Strecken ermöglichen zu können.
3. Aufstellung der Parameter bezüglich der Elektrobusse, basierend auf Erfahrungswerten und umfangreicher Recherche.
4. Berechnung des Elektrifizierungspotentials je Umlauf und Betrachtung der Restreichweite nach Beendigung.
5. Räumliche Betrachtung der Umläufe mit deren Start- bzw. Endpunkten im Hinblick auf das Elektrifizierungspotential unter Annahme von Depotladung als einzige Lademöglichkeit.

Tabelle 14: Annahmen für die Berechnung des Elektrifizierungspotentials

Parameter	Wert
Batteriekapazität pro Fahrzeug in [kWh]	260
Maximaler prozentualer Ladezustand der Batterie [%]	75
Minimaler prozentualer Ladezustand der Batterie [%]	30
Verfügbare Batteriekapazität unter Einhaltung der maximalen Ladekapazität [kWh]	195
Verbrauch [kWh/km]	1,2
Elektrische Reichweite berechnet aus Batteriekapazität und Verbrauch [km]	162,5
Mittlere Distanz eines Umlaufs [km]	114
Annahme: Depotladung als einzige Möglichkeit für Ladung der Fahrzeuge	

Ergebnisse

- Die dynamische Fahrzeugzuweisung der Umläufe verhindert eine gezielte Elektrifizierung. D.h. E-Busse müssten immer den passenden Umläufen zugewiesen werden. Dies könnte man in der Disposition mitberücksichtigen, jedoch müssen Umlaufplan und Disposition fähig sein, auf Defekte und Ausfälle von Fahrzeugen flexibel zu reagieren. Entsprechend müsste die Anzahl an Bussen ggf. erhöht werden.
- Prinzipiell sind 93 % der Umläufe einzeln mit der verfügbaren Reichweite eines Elektrobusse zu absolvieren.
 - Bei 39 dieser Umläufe sind nach Beendigung noch mindestens 30 % der Ladekapazität vorhanden.

- 9 dieser Umläufe bieten die Möglichkeit der Absolvierung eines weiteren mittleren Umlaufs von ca. 114 km.
- Das Potential zur Elektrifizierung kann durch die Erhöhung des maximalen Ladezustands der Batterie gesteigert werden.
- Die Räumliche Analyse mit Beachtung der Nähe der Umläufe zum Depot in Hohenstücken-Nord ergibt sechs elektrifizierbare Umläufe (Nr. 7, 12, 19, 21, 33, 36).
 - Restkapazität in diesen Fällen sorgt für gesicherte Rückfahrt zum Depot.

Bewertung der Analyse

Die Struktur, zeitliche Zusammensetzung und die Streckenlänge der Umläufe lassen eine sinnvolle Bedienung durch Elektrobusse nur bei wenigen Umläufen zu. Von insgesamt 96 Umläufen bleiben sechs übrig, welche die nötigen Voraussetzungen erfüllen würden. Die Analyse betrachtet dabei einzelne Umläufe und ihr Potential.

Die Reichweite der Fahrzeuge bildet dabei nicht die größte Hürde, sondern die Fahrzeugzuweisung/ Disposition. Da die Elektrobusse Umläufe bedienen müssten, deren Start- und Endpunkte im Depot liegen, kann die Flexibilität des Umlaufplans in Bezug auf mögliche Fahrzeugausfälle oder andere Einschränkungen nicht mehr gewährleistet werden. Um den Betrieb durch Elektrobusse sicher zu gewährleisten, müssten mehr Busse zum Einsatz kommen.

Zusammenfassend ist zu festzuhalten, dass die identifizierten Umläufe sich grundsätzlich für den Betrieb durch batterieelektrische Busse eignen würden, jedoch mehr Busse eingesetzt werden müssen, um einen robusten Betrieb zu gewährleisten, welcher für die breite Akzeptanz des ÖPNV wichtig ist. Dieser Mehraufwand ist mit mehr Investitionskosten verbunden. Zudem kommen weitere Kosten, aufgrund des Ausbaus von Ladeinfrastruktur und der Anpassung der Betriebshöfe und Werkstätten hinzu. Dabei stehen die Verkehrsunternehmen ohnehin bereits vor der Herausforderung, wie sie die knappen Mittel einsetzen. Aufgrund der Situation der Stadt Brandenburg, ist es derzeit weder notwendig noch (wirtschaftlich) sinnvoll Elektrobusse einzusetzen.

8.3 Ergebnis und Rolle der Elektromobilität bei den VBB

Durch den Betrieb von vier Straßenbahnlinien werden in Brandenburg an der Havel bereits 35 % der gefahrenen Kilometer im ÖPNV elektrisch und lokal emissionsfrei absolviert. Dies führt zu einem geringeren Bus-Bestand von 24 Stück. In Städten mit einer vergleichbaren Einwohnerzahl werden üblicherweise ca. 55 Busse eingesetzt.

Aus der Sicht der Verkehrsbetriebe ist der Einsatz von Elektrobussen aktuell nicht wirtschaftlich möglich. Fördermittel aus dem Sofortprogramm „Saubere Luft“ können nicht beantragt werden, da die Stadt Brandenburg an der Havel keine erhöhte Luftschadstoffbelastung aufweist.

Neben den deutlich erhöhten Kosten, sind die notwendige Zuverlässigkeit im Einsatz der Busse sowie die Verfügbarkeit von Modellen mit ausreichend hoher Reichweite nicht gegeben. Hinzu kommt, dass weitere Busse beschafft werden müssten, wenn die aktuellen Umläufe durch den Einsatz von Elektrobussen nicht mehr abgebildet werden können. Dies wäre mit weiteren zusätzlichen Kosten verbunden.

Zudem sind Innovationszyklen von Elektrobussen aktuell kurz. In kurzer Zeit sind deutliche Veränderungen in der Technologie zu verzeichnen. Dies hat zur Folge, dass nach kurzer Zeit bereits verschiedene Bustypen im Fuhrpark vertreten sind. Zudem ist für unterschiedliche Fahrzeuge ggf. anderes Fachwissen hinsichtlich Wartung und Reparatur notwendig. Die Busse müssten

innerhalb von fünf Jahren abgeschrieben werden, da längere Abschreibungszeiträume mit Unsicherheiten und Risiken behaftet sind.

Die erläuterten Aspekte führen zu dem Ergebnis, dass die Verkehrsbetriebe der Stadt Brandenburg an der Havel aktuell keine Elektrobusse beschaffen werden. Wenn höhere Reichweiten, Stabilität der Technologie und geringere Kosten gegeben sind, wird die Elektrifizierung der Busflotte nicht ausgeschlossen. Die Verfügbarkeit der Bustypen sollte dann für mindestens fünf Jahre garantiert werden können.

Aus Sicht der Verkehrsbetriebe können mit den Mitteln, die für den Einsatz von Elektrobussen eingesetzt werden müssten, aktuell andere Maßnahmen ergriffen werden, die einen deutlichen höheren ökologischen Effekt. Bspw. können durch Maßnahmen im Liefer- oder Fahrradverkehr mehr Emissionen eingespart werden, als durch den Ersatz der Dieselsebusse. Ebenso könnten durch ein attraktiveres ÖPNV-Angebot mehr Menschen zur Nutzung bewegt werden, was zu einer Verringerung des MIV-bedingten Verkehrsaufkommens führt.

Ein noch hypothetisches Einsatzszenario für die Elektromobilität im ÖPNV in der Stadt wird dennoch gesehen und betrifft die Einführung eines Stadtteilbusses in Kirchmöser. Dieser könnte in Form eines elektrisch betriebenen 6-Sitzers als zeitlicher Lückenschließer in den Peak-Zeiten fungieren. Ein Nacht- und Ladeplatz könnte in Kirchmöser eingerichtet werden.

Der Radverkehr erfreut sich in Brandenburg großer Beliebtheit. Aufgrund der z.T. weiten Taktung im ÖPNV können viele Wege im Stadtgebiet mit dem Fahrrad schneller zurückgelegt werden. Maßnahmen zur weiteren Stärkung des Radverkehrs tragen deutlich zu einer umweltfreundlichen und nachhaltigen Gestaltung des Verkehrs bei. Die Kombination mit dem ÖPNV sollte dabei stärker forciert werden. Die Verkehrsbetriebe haben bereits einen Versuch unternommen, das ÖPNV-Angebot um ein Bikesharing-System zu erweitern. Die Räder sollten an den Endstationen des Linienverkehrs sowie an Knotenpunkten positioniert werden und den Abo-Kunden ergänzend zum Linienbetrieb zur Verfügung stehen. Die Etablierung des Systems scheiterte jedoch aus rechtlichen Gründen am Erwerb der Räder.

Eine Erhöhung der Attraktivität des ÖPNVs kann bspw. auch durch eine Taktratenerhöhung vorgenommen werden. Diese würde zu mehr Nutzern führen. Die Taktung ist aktuell auf den Anschluss aller Linien an den RE1 ausgerichtet. Aufgrund des hohen Pendleraufkommens nach Berlin und Brandenburg ist dies durchaus sinnvoll. Jedoch werden Wege abseits der Verbindungen nach Berlin und Brandenburg aufgrund langer Wartezeiten seltener mit dem ÖPNV zurückgelegt. Eine Erhöhung der Taktrate würde dem entgegenwirken. Die VBB planen hierfür bereits die Wiederherstellung des Taktfahrplans und befinden sich momentan in der Prüfung der sukzessiven Einführung.

Darüber hinaus wurden bereits folgende Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität und Erhöhung der Fahrgastzahl umgesetzt:

- Anschluss der Randlagen bis 0 Uhr
- Verlängerung der Abendanschlusszeit

Eine Bevorrechtigung des ÖPNVs gegenüber dem Individualverkehr an Lichtsignalanlagen kann durch die Realisierung einer hohen Fahrplantreue ebenfalls zu einer Erhöhung der ÖPNV-Nutzung führen, was wiederum einen geringeren Zuschussbedarf zur Folge hat.

9 Exkurs: Autonome Mobilität

Ein hohes Zukunftspotential für die Einsparung verkehrsbedingter Emissionen und zur Vereinfachung der Mobilität wird beim automatisierten und autonomen Fahren gesehen, welches die Fahrzeugentwicklung, den Infrastrukturausbau und das Nutzerverhalten beeinflussen wird.⁸⁸

9.1 Stufen des autonomen Fahrens

Es können fünf Stufen des autonomen Fahrens unterschieden werden. Das assistierte Fahren, ist heute schon in vielen Pkw Realität. Tempomat, automatischer Abstandsregeltempomat und Spurhalteassistent unterstützen bei bestimmten Fahraufgaben unter der ständigen Kontrolle und Führung des Fahrers.

Durch Kombination verschiedener Assistenzfunktionen kann der Pkw bei Stufe zwei Aufgaben zeitweilig selbst ausführen. Auch bei diesem teilautomatisierten Fahren beherrscht der Fahrer das Fahrzeug durchgehend.

Bei der dritten Stufe des hochautomatisierten Fahrens darf der Fahrer sich bereits kurzzeitig vom Verkehr abwenden. Bei vorgegeben Anwendungsfällen fährt der Pkw für einen begrenzten Zeitraum selbstständig und ohne menschlichen Eingriff, beispielsweise beim automatischen Einparken. Der Pkw überholt, bremst und beschleunigt, je nach bestehender Verkehrssituation, selbstständig. Sobald ein Problem vorliegt und per Signal gemeldet wird, muss der Fahrer umgehend die Kontrolle übernehmen⁸⁹.

Bei der vierten Stufe des vollautomatisierten Fahrens kann das Fahrzeug bestimmte Strecken, wie zum Beispiel auf der Autobahn oder im Parkhaus, selbstständig bewältigen und die Fahrzeugführung kann komplett abgegeben werden. Das Fahrzeug ist jedoch nicht in der Lage, jede Situation selbst zu bestreiten, z. B. bei zu schlechten Bedingungen im Umfeld. Allerdings muss es stets in der Lage sein, wenn der Fahrer nicht eingreifen kann oder möchte, einen sicheren Zustand zu erreichen, z. B. durch Ansteuern eines Parkplatzes.

In der fünften Stufe bewältigt die Technik im Auto alle Verkehrssituationen selbstständig, es gibt nur noch Passagiere ohne Fahraufgabe. Komplexe Situationen, wie Kreuzungen, Kreisverkehre oder Zebrastreifen, kann das autonome Fahrzeug bewältigen.^{90 91}

⁸⁸ vgl. Esser/Kurte 2008

⁸⁹ Der Stauassistent im Audi A8 von 2018 erfüllt bereits diese Anforderung des hochautomatisierten Fahrens, ist jedoch noch nicht zugelassen.

⁹⁰ vgl. ADAC 2018a

⁹¹ vgl. Eckstein et al. 2018

1. Stufe: Assistiertes Fahren

- Fahrer handelt selbst
- System unterstützt bei Fahraufgaben



2. Stufe: Teilautomatisiertes Fahren

- Fahrer überwacht die automatisierten Funktionen
- keine Nebentätigkeiten



3. Stufe: Hochautomatisiertes Fahren

- System überwacht seine Funktionsgrenzen
- begrenzte Nebentätigkeit des Fahrers



4. Stufe: Vollautomatisches Fahren

- System übernimmt alle Fahraufgaben in spezifischen Anwendungsfällen (Straßentyp, Geschwindigkeitsbereichen etc.)



5. Stufe: Autonomes Fahren

- System kann alle Fahraufgaben selbst bewältigen
- Fahrerlos



Abbildung 20: Die fünf Stufen des autonomen Fahrens⁹²

Relevant für nachhaltige Änderungen ist nur die Stufe 5. Die langsame Durchdringung des Bestandes durch neue Technologien wird zunächst gemischte Systeme zur Folge haben, die eine weitere Herausforderung darstellen.

Fahrzeuge stellen langfristige Investitionen dar. Die Erneuerungszyklen sind dementsprechend lang. Für die Gesamtheit aller Fahrzeuge wird sich eine Erneuerung über einen Zeitraum von etwa 20 Jahren erstrecken.⁹³ In den nächsten Jahren werden Automobilhersteller versuchen, zunächst weitere unterstützende Funktionen zu etablieren. Vollständig autonom fahrende Fahrzeuge der Stufe 5 werden aufgrund optimierter Nutzung zu deutlich weniger Fahrzeugen führen.

Autonomes Fahren wird sich voraussichtlich erst ab 2040 durchsetzen und 2050 wird rund die Hälfte der Fahrzeuge über eine Automatisierungsfunktion verfügen.⁹⁴ Die Automatisierungsfunktionen sind jedoch auf bestimmte Nutzungen wie Autobahnfahrten begrenzt. Eine mehrheitliche Durchdringung von Fahrzeugen, die im gesamten Verkehrsnetz automatisiert fahren können, ist erst nach 2050 zu erwarten. Für 2050 wird erwartet, dass jeder fünfte Fahrzeug-Kilometer automatisiert erbracht werden kann. Dabei zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen Straßentypen. Auf Autobahnen kann im Jahr 2050 rund 40 % der Fahrleistung automatisiert erbracht werden, auf Landstraßen dagegen weniger als 4 %.⁹⁵

92 Grafiken: ADAC 2018a
 93 vgl. Mauer et al. 2015
 94 vgl. Prognos 2018
 95 vgl. Prognos 2018

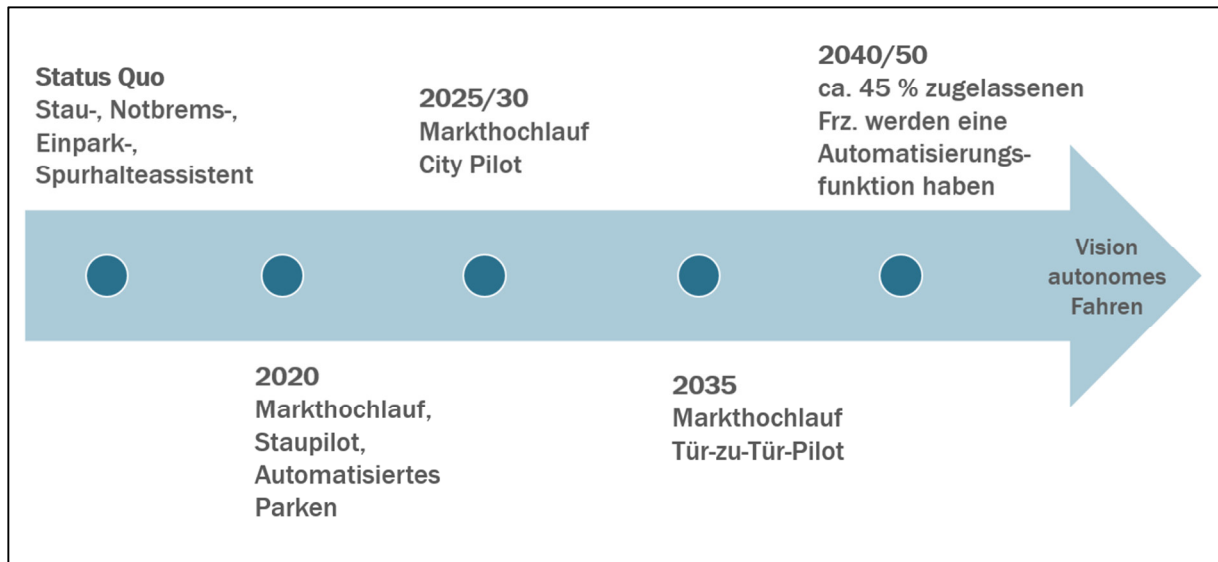


Abbildung 21: Potenzielle Entwicklungen hin zu autonomem Fahren

Hinsichtlich einzelner angelernter Strecken wird es schon deutlich früher Fahrzeuge im Einsatz geben. Spezifische Strecken und dezidierte Einsatzzwecke werden höhere Geschwindigkeiten ermöglichen. Daher werden kürzere Linienbetriebe möglich werden. Die Marktentwicklung vermittelt den Eindruck schon deutlich weiter Fortgeschritten zu sein was einen deutlich schnelleren Hochlauf nahe legt. Erst die Stufe 5 oder Fernsteuerungen führen zu vollständig neuen Anwendungsszenarien aufgrund des Wegfalls der Aufsichtsperson bzw. des Fahrers.

9.2 Autonome Shuttlebusse als Teil des ÖPNV

Dünn besiedelte ländliche Regionen an Rändern und im Umfeld von Städten werden i. d. R. durch den klassischen ÖPNV nur begrenzt angebunden. Gleiches gilt auch für wenig frequentierte Strecken in Städten. Die Wirtschaftlichkeit der Strecken stellt dabei die Herausforderung dar. Autonomes Fahren bietet dafür einen Ansatzpunkt. Es werden günstigere liniengebundene Angebote oder Bedarfsverkehre deutlich kostengünstiger möglich.

Im ÖPNV können automatisierte Shuttles bereits heute auf gekennzeichneten Fahrbahnen im Mischverkehr eingesetzt werden. Das bedeutet, dass ein Fahrer weiterhin als Aufsichts- bzw. Sicherheitsperson im Fahrzeug sitzen muss. Häufig schlecht gekennzeichnete Überlandstraßen und höhere Geschwindigkeiten stellen zusätzliche Herausforderungen für das automatisierte Fahren auf Landstraße dar. Dennoch wird aktuell ein Sprung in der Forschung auf schnelleres autonomes Fahren von kleinen Bussen in den Bereich von 60 bis 80 km/h vorbereitet.

9.2.1 Best-Practice-Beispiele

Aufgrund aktueller rechtlicher Hürden und ethischer Herausforderungen sind Testszenarien bisher häufig nur auf gesonderten Teststrecken, mit Sondergenehmigungen oder mit nur geringen Geschwindigkeiten komplett autonom erlaubt. Die nachfolgende Tabelle 15 enthält bereits exemplarisch durchgeführte bzw. laufende Projekte:

Tabelle 15: Beispiele für bestehende und aktuell laufende Projekte zum autonomen Fahren

Projekttitlel	Akteure	Ziele/zentrales Ergebnis
„ShuttleMe – Lernen der Betrieb für automatisierten und vernetzten ÖV im Blue Village Franklin“	Stadt Mannheim, Verkehrsverbund Rhein-Neckar (VRN), Rhein-Neckar-Verkehr GmbH (RNV)	Das Projekt beschäftigt sich mit der Frage, ob autonome Fahrzeuge für den barrierefreien Bedarfsverkehr und die Erweiterung des Mobilitätsangebotes auf der letzten Meile in Groß- und Kleinstädten sowie strukturschwachen Regionen geeignet sind.
„salzburg.mobill 2025“	Stadt Salzburg, Salzburg Research	Die Untersuchung der Kundenakzeptanz wird mit dem Ziel durchgeführt, die Attraktivität des ÖPNV zu stärken.
„Autonomer Bus auf dem Flughafen Frankfurt“	R+V-Innovation Lab „Connected Car“, Fraport AG	Durch reale Verkehrsbedingungen, simuliert durch 2.600 täglich passierende unterschiedliche Fahrzeuge am Fraport, soll eine flexible und bessere Planbarkeit von Abläufen erreichen werden. R+V sammelt dabei Daten für neue Kfz-Versicherungskonzepte.
„Autonomer Bus Bad Birnbach“	Landkreis Rottal-Inn, Gemeinde Bad Birnbach, Deutsche Bahn, Regionalbus Ostbayern, TÜV Süd	Das Ziel besteht darin, Angebotslücken im ländlich geprägten Personenverkehr in Bad Birnbach durch ein flexibleres und autonom fahrendes Verkehrsmittel zu schließen. Für Touristen und Einwohner, schafft das Angebot mehr Mobilität z. B. bei der Anreise und fügt sich gut in das städtische Kurortkonzept „Das ökologische Bad“ ein.
Projekt „Stimulate“ in Berlin	BVG, Charité Berlin, Land Berlin	Das Testgelände der Charité bildet den Verkehrsalltag Berlins exemplarisch ab. Es sollen Möglichkeiten ermittelt werden, die E-Shuttles dem zukünftigen Nahverkehr in Metropolen bieten können und Fragen zur Kundenakzeptanz beantwortet werden. Bis 2050 will Berlin zu einer klimaneutralen Stadt werden.
Projekt „HEAT“ (Hamburg Electric Autonomous Transportation)	Stadt Hamburg, HOCHBAHN, DLR, hySOLUTIONS, IAV, IKEM, Siemens Mobility GmbH	Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt testet den Einsatz elektrisch angetriebener fahrerloser Kleinbusse im städtischen, öffentlichen Straßenverkehr. Ab Mitte 2020 soll der Betrieb mit Fahrgästen realisiert werden.
Projekt „I-AT“ (Interregional Automated Transport)	22 Partner (KMU, Wissenschaft und Forschung, Großunternehmen, öffentliche Verkehrsbetriebe, Verwaltungen)	Das Projekt erprobt grenzüberschreitenden, autonomen Transport von Personen und Gütern mithilfe autonomer Fahrzeuge in der Grenzregion Niederlande-Deutschland. In mehreren Living Labs werden dabei Erfahrungen zu technischen Anforderungen, notwendigen Rahmenbedingungen sowie zum Fahrverhalten gesammelt.
Projekt „TaBuLa“ (Testzentrum für autonome Busse im Kreis Herzogtum Lauenburg)	Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein, Kreis Herzogtum Lauenburg, Institut für Verkehrsplanung und Logistik, TU Hamburg, Büro autoBus	Im Rahmen des Projektes wird der Einsatz eines autonomen, elektrischen Kleinbusses als Teil des ÖPNV in Lauenburg an der Elbe getestet. Ab Herbst 2019 startet der Fahrgastbetrieb.
Autonomer Kleinbus in Wusterhausen/Dosse	Regionalentwicklungsgesellschaft Nordbrandenburg, Ostprignitz-Ruppiner Personenverkehrsgesellschaft (OPR), TU Berlin, TU Dresden	In der Gemeinde Wusterhausen/Dosse wird seit August 2019 ein autonomer Elektro-Kleinbus getestet, um die Potentiale autonomer Fahrzeuge als Teil des ÖPNV im ländlichen Raum zu untersuchen. Mit zunehmender Projektlaufzeit wird die gefahrene Strecke verlängert.

Mit dem Start des Forschungsprojektes „ShuttleMe – Lernender Betrieb für automatisierten und vernetzten ÖV im Blue Village Franklin“ - soll die barrierefreie Feinerschließung eines Bedarfsverkehrs in Groß- und Kleinstädten sowie strukturschwacher Regionen getestet werden. Der autonome Bus wird seit Mitte 2019 im Wohngebiet Benjamin Franklin Village eingesetzt. Für die erste und letzte Meile sollen die Shuttles neben ÖPNV, Car- und Bikesharing für ein umfangreiches Mobilitätsangebot sorgen.⁹⁶

In Salzburg fährt seit Oktober 2016 ein autonomer Minibus (Anbieter Navya, Typ Arma) im ÖPNV. Die „letzte Meile“, also der Weg von der Haltestelle zum Ziel bzw. zur Haustür wird hierbei mit Blick auf die Kundenakzeptanz untersucht und stellt eines der wesentlichen strategischen Ziele im Mobilitätskonzept „salzburg.mobil 2025“ dar. Als Zubringer kann ein solcher Minibus die Attraktivität des ÖPNV deutlich steigern. Salzburg Research (österreichisches Forschungsinstitut) erhielt eine Testgenehmigung für diesen Minibus für den öffentlichen Straßenbetrieb und führt gemeinsam mit der Stadt Salzburg das Projekt durch.⁹⁷

R+V (R+V-InnovationLab „Connected Car“ als Initiator des Forschungsprojektes) und Fraport testen einen selbstfahrenden Shuttlebus (Navya-Busse, Typ Arma) am Flughafen Frankfurt am Main, um Mischverkehr auf einer belebten Straße zu simulieren und so eigene Daten zu sammeln und daraus Erkenntnisse zu Chancen und Risiken autonomer Fahrzeuge gewinnen zu können. R+V sammelt so Daten für neue Kfz-Versicherungskonzepte. Die Teststrecke (Tor 3) wird täglich von 2.600 Fahrzeugen passiert, u. a. Pkw, Flugzeugschleppern, Rettungsdiensten, Fracht- und Gepäcktransportern. Auf diese Weise kann ein realistisches und belebtes Straßenszenario getestet werden, in das auch Fußgänger involviert sind. Die Busse werden elektrisch betrieben, können mit einer Akkuladung rund 9 Stunden fahren (aktuell mit 20 km/h) und kehren eigenständig an ihre Ladestation zurück.⁹⁸

Die Deutsche Bahn setzt seit Oktober 2017 im Kurort Bad Birnbach (Niederbayern) einen autonom fahrenden Elektro-Bus (EZ10 von Easy Mile) ein, um den Bahnhof mit dem Kurort zu verbinden. Der Bus mit Platz für 12 Passagiere (6 Sitz- und 6 Stehplätze) pendelt mit maximal 20 km/h zwischen Bahnhof, Ortszentrum und Therme. Der Einsatz der autonomen Busse soll zukünftig vor allem in ländlichen Gebieten erfolgen und individuelle Beförderung bis vor die Haustür ermöglichen.⁹⁹

Seit 2018 testen die BVG (Berliner Verkehrsbetriebe; zuständig für die autonomen Kleinbusse) zusammen mit der Charité (zuständig für Straßen- und Ladeinfrastruktur) und dem Land Berlin den Einsatz von vier autonomen Shuttlebussen (der Anbieter Navya und Easy Mile) auf dem Campus Charité Mitte und Campus Virchow-Klinikum für vier unterschiedliche Routen. Die Busse sollen, anfangs mit Begleitperson, maximal 20 km/h fahren und feste Haltestellen bedienen. Der Testlauf soll wichtige Ergebnisse zu Potentialen liefern, inwieweit diese Technik als Ergänzung zum ÖPNV oder auf schwach ausgelasteten Strecken eingesetzt werden kann.¹⁰⁰

Seit August 2019 verkehrt in der Hamburger Hafencity im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojektes HEAT ein selbstfahrender Elektro-Kleinbus mit 10 Plätzen im Testbetrieb. Mit bis zu 15 km/h pendelt er auf einer Strecke von 1,8 km und fährt dabei 5 Haltestellen an. Carports mit Lademöglichkeiten werden auf dem Vattenfall-Gelände in der Hafencity eingerichtet. In Abhängigkeit von ausstehenden Genehmigungsprozessen sollen ab Sommer 2020 auch Testpassagiere transportiert werden und für 2021 wird angestrebt, die Genehmigung für das

96 vgl. VRN 2017

97 vgl. Salzburg Research 2016

98 vgl. R+V 2017

99 vgl. Zeit.de 2017

100 vgl. BVG 2018

autonome Fahren ohne Fahrzeugbegleiter zu erhalten und höhere Fahrgeschwindigkeiten zu erreichen. Das Projekt ist Teil der städtischen Strategie für Intelligente Verkehrssysteme (IST).¹⁰¹

Im Rahmen des grenzüberschreitenden Projektes I-AT werden autonome Fahrzeuge (WEPods) entwickelt und im Testbetrieb eingesetzt. Als Living Labs unterschiedlicher Art dienen dabei der Flughafen Weeze, auf dem ein autonomes Parkplatz-Shuttle pendelt, der Transportkorridor Aachen-Vaals sowie das Foodvalley zwischen Ede und Wageningen. Beim Living Lab Aachen-Vaals wird ab Ende 2019 ein automatisierter ÖV-Shuttle (CM Mission, Kleinbus für 15 Personen) zwischen Aachen Vaals und dem Uniklinikum Aachen eingesetzt und kann von Testkunden kostenlos genutzt und bewertet werden.¹⁰² Im Anschluss an das Projekt sollen die Erfahrungen neben den Projektpartnern auch weiteren Unternehmen und Forschungseinrichtungen zur Verfügung gestellt werden, um u. a. die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle im Bereich des automatisierten Fahrens zu fördern. Dafür wird insbesondere untersucht, wie Kunden gegenüber autonomen Fahrzeugen eingestellt sind, welche Veränderungen des Flottenmanagements eines Verkehrsunternehmens erforderlich sind und wie IT-Systeme und Infrastruktur angepasst werden müssen.¹⁰³

Ab Herbst 2019 wird ein von der Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein GmbH betriebenes autonomes Elektro-Shuttle des Herstellers Navya in Lauenburg eingesetzt, um den Einsatz eines automatisierten und vernetzten Fahrzeugs im ÖPNV zu testen. Die Stadt soll als Beispiel für andere Kleinstädte im ländlichen Raum dienen. Der Fokus des Projektes liegt auf der Interaktion mit Fahrgästen und anderen Verkehrsteilnehmern. Nach einer Reihe von Einmessfahrten können bis zu 10 Fahrgäste barrierefrei transportiert werden. Die Mitnahme von Kinderwagen sowie der Zustieg durch Rollstuhlfahrer über eine automatische Rampe ist möglich. Der Schwierigkeitsgrad sowie die Länge der Fahrstrecke steigen dabei im Laufe des Projektes. Während zu Beginn eine Begleitperson im Shuttle-Bus anwesend ist, fährt das Fahrzeug ab Mitte 2020 komplett allein.

In der Gemeinde Wusterhausen im Nordwesten Brandenburgs wird seit Juli 2019 ein autonomer Kleinbus genutzt, um zu testen, wie automatisierter Verkehr im ländlichen Raum funktionieren kann. Der elektrische Kleinbus mit 6 Sitzplätzen (Modell EZ-10, Easymile) pendelt als Linie 708 zwischen einem Supermarkt, dem Bahnhof und dem Stadtzentrum der Gemeinde. Zu einem späteren Zeitpunkt ist die Anbindung einer Siedlung am Stadtrand sowie eines Campingplatzes geplant. Trotz der Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h darf der Bus zu Beginn der Testphase nur 15 km/h und mit einer Begleitperson fahren. Der Bus verkehrt im Stundentakt, der auf den Fahrplan von Bahn und Regionalbussen abgestimmt wurde und fährt in der späteren Projektphase 19 Haltestellen an. Der Zugewinn an angefahrenen Haltestellen (bisher gab es in Wusterhausen nur 7 Haltestellen für Busse) ist besonders für mobilitätseingeschränkte Personen ein großer Fortschritt, da die Wege zu den Haltestellen deutlich sinken.¹⁰⁴

Eine Befragung der ca. 700 Einwohner der Gemeinde zeigte ein sehr positives Meinungsbild gegenüber dem Testbetrieb. Insbesondere ältere Menschen erhoffen sich davon eine Verbesserung ihrer Mobilität.¹⁰⁵

Ein autonomer Shuttlebus ist als Teil des ÖPNV auch für die Stadt Brandenburg an der Havel denkbar. Die größten Potentiale bietet es in Forschung, Entwicklung und zur Sensibilisierung bzgl. des Mobilitätsangebotes. Der Bus müsste aktuell noch mit einer Begleit- bzw. Sicherheitsperson besetzt sein und darf wahrscheinlich nur eine begrenzte Betriebsgeschwindigkeit von max. 20 km/h aufweisen. Für den Start eines solchen Projektes müssten geeignete Teststre-

101 vgl. HOCHBAHN 2019

102 vgl. I-AT 2019

103 vgl. ASEAG 2019

104 vgl. MIL 2019

105 vgl. Heise online 2019

cken zuvor auf ihren Bedarf für ein derartiges Mobilitätsangebot sowie die räumliche Eignung geprüft werden. In den Gesprächen mit den Verkehrsbetrieben Brandenburg an der Havel wurde die Verbesserung der ÖPNV-Anbindung im Stadtteil Kirchmöser durch einen autonomen Shuttlebus thematisiert. Aufbauend auf den vorangegangenen Erläuterungen sollte zunächst ein Konzept für die mögliche Umsetzung erarbeitet werden.

9.3 Potentiale und Herausforderungen

Durch automatisierte bzw. autonome Fahrzeugkonzepte ergeben sich Potentiale die besonders im Wegfall des Fahrers liegen. Damit sinken nicht nur die Betriebskosten deutlich, auch werden Probleme wie 24/7 Betriebe und die prinzipielle Fachkräftesuche eliminiert. Je höher der Grad der Automatisierung umso stärker werden die Auswirkungen und Anforderungen. Insbesondere die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit stellen große Herausforderungen dar.

9.3.1 Verkehrsaufkommen und Infrastruktur

Wie sich autonomes Fahren auf das Verkehrsaufkommen auswirkt, ist derzeit schwer abzuschätzen. Prognosen zu zukünftigen Fahrzeugbeständen weisen deutliche Unterschiede bezüglich ihrer Rahmenbedingungen, wie Bevölkerungsentwicklung, regulatorische Eingriffe, Preisentwicklungen oder der Annahme eines individuellen Mobilitätswandels, auf.

Eine fortschreitende Digitalisierung im Verkehr, bedingt durch die schrittweise Automatisierung, zielt auf eine verknüpfte, multimodale Nutzung der Mobilitätsangebote (Carsharing, ÖPNV, Fuß- und Radverkehr) ab, die einen eigenen Fahrzeugbesitz tendenziell weniger attraktiv erscheinen lässt. Dem gegenüber steht das Argument, dass das Autofahren durch die Automatisierungsfunktionen auch in Zukunft einen hohen Stellenwert einnimmt. Daher kann bis zum Jahr 2050 mit einem leicht wachsenden Bestand an Pkw gerechnet werden¹⁰⁶.

Aus der langsamen Durchdringung des Marktes durch automatisierte und autonome Fahrzeuge resultieren viele Jahre Mischverkehr mit nicht oder nur teilautomatisierten Fahrzeugen. Dies muss bei den Entwicklungen und Verkehrskonzepten des autonomen Fahrens berücksichtigt werden.

Städtebaulich kommt der Automatisierung im Verkehr eine entscheidende Rolle zu. Wenn Konzepte wie das sogenannte *Valet-Parken*, bei dem der Passagier am Ziel aussteigt und das Fahrzeug eigenständig in der Nähe einen Parkplatz sucht, alltagstauglich werden, wird nicht nur der Parksuchverkehr reduziert, sondern Parkplätze können aus Kernstädten ausgelagert werden. Diese Verlagerung von Flächen sollte in langfristigen städtebaulichen Planungen bereits heute berücksichtigt werden. Daraus resultieren städtebauliche Vorteile, die zur Verbesserung der Flächennutzung, Luftreinhaltung und Lebensqualität in Kernstädten führen können.

Langfristig werden die Kosten für Verkehr und Transport mit autonomen Fahrzeugen durch den Wegfall von Personal sinken und im Vergleich zu den aktuellen Kosten günstig werden. Die Reduktion wird mindestens um den Faktor 5 ausfallen, da durch erneuerbare Energien auch sinkende Energiekosten zu erwarten sind. Dies begünstigt wiederum die Zunahme von Wegen und Transport. Das Ziel der gesteigerten Effizienz des Verkehrs wird ohne zusätzliche Regelungen und ein Umdenken in der Bevölkerung nicht erreicht werden können.

Durch die Reduzierung der Betriebskosten (da kein Fahrpersonal notwendig), kann das ÖPNV-Angebot erweitert oder flexibilisiert werden. Jedoch kann der, aus individueller Sicht, hohe Komfort autonomer Fahrzeuge auch die private Nutzung erhöhen und die ÖPNV-Nutzung senken. Zudem kommen neue Nutzergruppen eines automatisierten Mobilitätsangebotes, wie mobili-

¹⁰⁶ vgl. Prognos 2018

tätseingeschränkte Personen, alte Personen oder Jugendliche ohne Führerschein, hinzu. Flächen, die jetzt durch parkende Autos belegt sind, können anders genutzt werden.

Besonders der ÖPNV steht dabei vor der Herausforderung, keine Nutzer zu verlieren. Um wirklich eine attraktive glaubwürdige Alternative zum (autonomen) Autobesitz darzustellen, müssen die verschiedenen nachhaltigen Verkehrsträger koordiniert, geplant sowie auf integrierte Weise umgesetzt werden. Dazu muss der ÖPNV leistungsfähig genug sein. Dies bedingt einen Ausbau, Taktverdichtung und Integration neuer Mobilitätskonzepte. Dieses ganzheitliche und komplette Angebot kann zu einer Wettbewerbsfähigkeit führen.

Städte müssen dies im Blick haben und Vorstellungen darüber entwickeln, wie Verkehr organisiert werden soll. Die Komfortzunahme durch verstärkte autonome Taxinutzung birgt das Risiko von mehr Verkehrskilometer im MIV. Auch Lieferverkehre könnten weiter ansteigen. Vorhandene Bündelungen könnten entfallen. Die Vermeidung einer übermäßigen Pkw-Nutzung und weitere positive Ergebnisse können nur dann erzielt werden, wenn autonome Fahrzeuge gemeinsam als Teil des ÖPNV genutzt werden und sie ergänzend zu einem effizienten öffentlichen Verkehrssystem mit hoher Kapazität eingesetzt werden.

Straßeninfrastruktur

Innerhalb von Quartieren, auf Sammel- und Erschließungsstraßen, sind die Fahrbahnbreiten im Wesentlichen auf die Fahrzeugbreiten abgestimmt. Hier werden kaum Änderungen vorgenommen. Straßenbreiten auf größeren Einfallstraßen sind (zunächst) noch an den Maßen konventioneller Fahrzeuge auszurichten. Die Anzahl der Fahrtstreifen kann allerdings wahrscheinlich reduziert werden. Erst ab Stufe 5 der autonomen Mobilität mit fahrerlosen, selbst steuernden und selbst entscheidenden Fahrzeugen, können große Änderungen auch der Fahrbahngeometrie vorgesehen werden.

Demgegenüber nimmt durch den dichteren Verkehr auch die Trennwirkung der Verkehrsteilnehmer zu. Das Überqueren von Straßen für Fußgänger und Radfahrer wird erschwert. Daher müssen zukünftig Querungsmöglichkeiten an Straßenführungen ohne Lichtsignalanlage, wie Ober- oder Unterführungen, geschaffen werden.¹⁰⁷ Zudem sind spezielle Haltebuchten für autonome Fahrzeuge für Zu- und Ausstiegsvorgänge denkbar, damit der fließende Verkehr nicht beeinträchtigt wird.¹⁰⁸ Diese ist besonders für Sharing-Dienste sehr interessant. Zentrale Ein- und Ausstiegsstationen könnten gut mit dem ÖV verknüpft werden.¹⁰⁹

Veränderung von Parkraum(-nutzung) und Ausstattung

Veränderungen im Zuge der Einführung autonomen Fahrens werden auch den Parkraum betreffen. Autonome Fahrzeuge können zukünftig ihre Passagiere am Zielort absetzen und eigenständig einen Parkplatz suchen. Es ist daher sinnvoll, Parkflächen zu bündeln.¹¹⁰

Einige Studien gehen davon aus, dass mit der Etablierung vollautonomer Fahrzeuge und der Möglichkeit der geteilten Nutzung bzw., Fahrzeuge on-Demand zu buchen, die Anzahl privater Fahrzeuge stark sinken könnte. Entsprechend können Parkplätze zukünftig umgenutzt werden.¹¹¹ Dem gegenüber steht die Entwicklungsmöglichkeit, dass privater Fahrzeugbesitz und -nutzung attraktiver wird.

Auswirkungen können jetzt noch nicht mit großer Gewissheit prognostiziert werden. Parkhäuser können wesentlich leichter zurückgebaut werden als Tiefgaragen. Ihre Flächen sind flexibler und

¹⁰⁷ vgl. Heinrichs 2015

¹⁰⁸ vgl. Rothfuchs/Engler 2018

¹⁰⁹ vgl. Heinrichs 2015

¹¹⁰ vgl. Heinrichs 2015

¹¹¹ vgl. Rothfuchs/Engler 2018; vgl. wiwo.de (o. J.)

kostengünstiger nachnutzbar. Allgemein sollten Parkräume im öffentlichen Raum so geplant werden, dass sie zukünftig leichter umwidmet oder problemlos rückgebaut werden können.

Bereits ab 2021/2022 soll das automatische Parken in Parkhäusern möglich sein, jedoch noch in exklusiven, vorgesehenen Teilen des Parkhauses. Projekte dazu werden u. a. von VW in Hamburg und Daimler und Bosch in Stuttgart durchgeführt. Die Fahrzeuge erhalten eine hochauflösende digitale Karte des Parkhauses und anhand von Codes an Wänden, Pfeilern und Decken können diese zentimetergenau geortet werden. Im weiteren Verlauf soll diese Technik dann für den Mischverkehr ertüchtigt werden sowie die Reservierung von Parkplätzen über eine App möglich sein. Das Laden elektrischer Fahrzeuge soll ebenfalls eigenständig durch die Fahrzeuge erfolgen können, indem diese befähigt werden, einen „Laderoboter“ anzusteuern. Geplant sind dafür induktive Ladeplatten.¹¹² Im Rahmen der Vorbereitungen für das autonome Fahren bzw. Parken sind entsprechende Maßnahmen bei aktuellen und kommenden Bauprojekten (von Parkhäusern) zu berücksichtigen. Auch für bestehende, geeignete Parkhäuser können bereits vorbereitend Vorkehrungen getroffen werden.

9.3.2 Gesellschaftliche Auswirkungen

Automatisiertes bzw. autonomes Fahren verspricht einen deutlichen Sicherheitsgewinn für den Straßenverkehr.¹¹³ Mit einem erhöhten Automatisierungsgrad wird mit einer Reduzierung der Unfallzahlen gerechnet, da die mit einer intelligenten Steuerungstechnik ausgestatteten Fahrzeuge miteinander kommunizieren und sehr schnell auf Gefahrensituationen reagieren können.

Die Erweiterung der individuellen Mobilität durch autonom fahrende Systeme kann vor allem im ländlichen sowie suburbanen Raum einen relevanten Nutzenzuwachs bringen. Automatisierte Fahrzeuge sind mittelfristig günstiger als das aktuelle Taxi und der jetzige ÖPNV, wodurch das Wohnen auf dem Land für alle Altersgruppen wieder an Attraktivität gewinnen kann. Autonomes Fahren kann eine hohe Mobilitätsversorgung und eine sehr gute Erschließung des ländlichen Raums erzielen und damit einen Gegentrend zur Urbanisierung bilden.

Um eine Durchdringung des autonomen Fahrens zu ermöglichen und die Potentiale ausschöpfen zu können, muss eine grundlegende Akzeptanz für diese neue Mobilitätsform in der Gesellschaft vorhanden sein. Zunächst werden Assistenzsysteme zur Vertrauensbildung beitragen.

Der letzte Sprung zu Stufe 5 birgt allerdings eine Herausforderung. Die Akzeptanzbildung kann durch den transparenten und greifbaren Umgang mit den Grenzen der neuen Technologie erreicht werden, um Skepsis und Ängste abzubauen. Die Akzeptanz des autonomen Fahrens beim Kunden setzt eine sehr hohe Sicherheit und bestmöglichen Datenschutz voraus.

¹¹² vgl. vision-mobility.de 2018; vgl. Specht 2018

¹¹³ vgl. Eckstein et al. 2018

9.3.3 Rechtliche Herausforderungen

Wichtigste Grundlage für die Durchdringung auf dem Markt ist in Deutschland die Anpassung der rechtlichen Lage. Bislang ist noch kein rechtlicher Rahmen für autonomes Fahren vorhanden. Seit 2017 wurde eine Rechtsgrundlage für Fahrzeuge der Automatisierungsstufe drei eingeführt. Im hochautomatisierten Modus darf der Fahrer demnach seine Aufmerksamkeit vom Straßenverkehr abwenden.¹¹⁴ Es bedarf rechtlicher Rahmenbedingungen, die nicht nur das Fahrzeug als solches betreffen, sondern auch das Fahrerverhaltensrecht, die Verkehrsinfrastruktur sowie auch Regelungen zur Datennutzung und Datensicherung. Dabei ist zwischen den einzelnen Automatisierungsstufen klar zu differenzieren. Die rechtliche Grundlage ist sehr komplex, Bereiche wie Tempolimit-Missachtung oder Schuldzuweisung bei einem Unfall müssen je nach Automatisierungsstufe klar definiert werden.¹¹⁴

Die Datensicherung gewinnt besonders im Hinblick auf die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander und mit der Infrastruktur an Bedeutung. Die Vernetzung der Fahrzeuge ist für smarte Lösungsansätze essentiell, um eine Effizienzsteigerung zu erreichen. Die Kommunikation der automatisierten/autonomen Fahrzeuge mit der Verkehrsinfrastruktur ist für die fehlerfreie Erkennung und damit für reibungslose Abläufe notwendig. Neben der rechtlichen Grundlage in Deutschland müssen international harmonisierende Rahmenbedingungen geschaffen werden. Hier ist der individuelle Handlungsrahmen auf Ebene der Stadt Brandenburg an der Havel sehr beschränkt und kann kaum beeinflusst werden.

¹¹⁴ ADAC 2018a

10 Exkurs: Elektrofahrräder als umweltfreundliche Alternative zum privaten PKW

Die Stadt Brandenburg an der Havel verfügt durch ihre Fahrradwege-Infrastruktur insbesondere an den Havel-Ufern über ein hohes Potential für die Nutzung von (Elektro)Fahrrädern für den Tourismus und für Arbeits- und Freizeitwege.

Der Markt für Elektrofahrräder entwickelt sich in Deutschland seit einigen Jahren dynamisch. Im Jahr 2017 wurden 720 000 Elektrofahrräder verkauft (vgl. Abbildung 22). Dies entspricht einer Steigerung von 19 % im Vergleich zum Vorjahr und einem Anteil an allen verkauften Fahrrädern von 19 %¹¹⁵. Der Absatz von Elektrofahrrädern stieg trotz des Rückganges der Gesamtabsatzzahlen aller Fahrräder um 5 %. Mit 605.000 verkauften Einheiten im Jahr 2016 bietet Deutschland den mit Abstand größten Markt für Elektrofahrräder in Europa. Die Niederlande und Belgien folgen mit 273.000 und 168.000 verkauften Einheiten¹¹⁶.

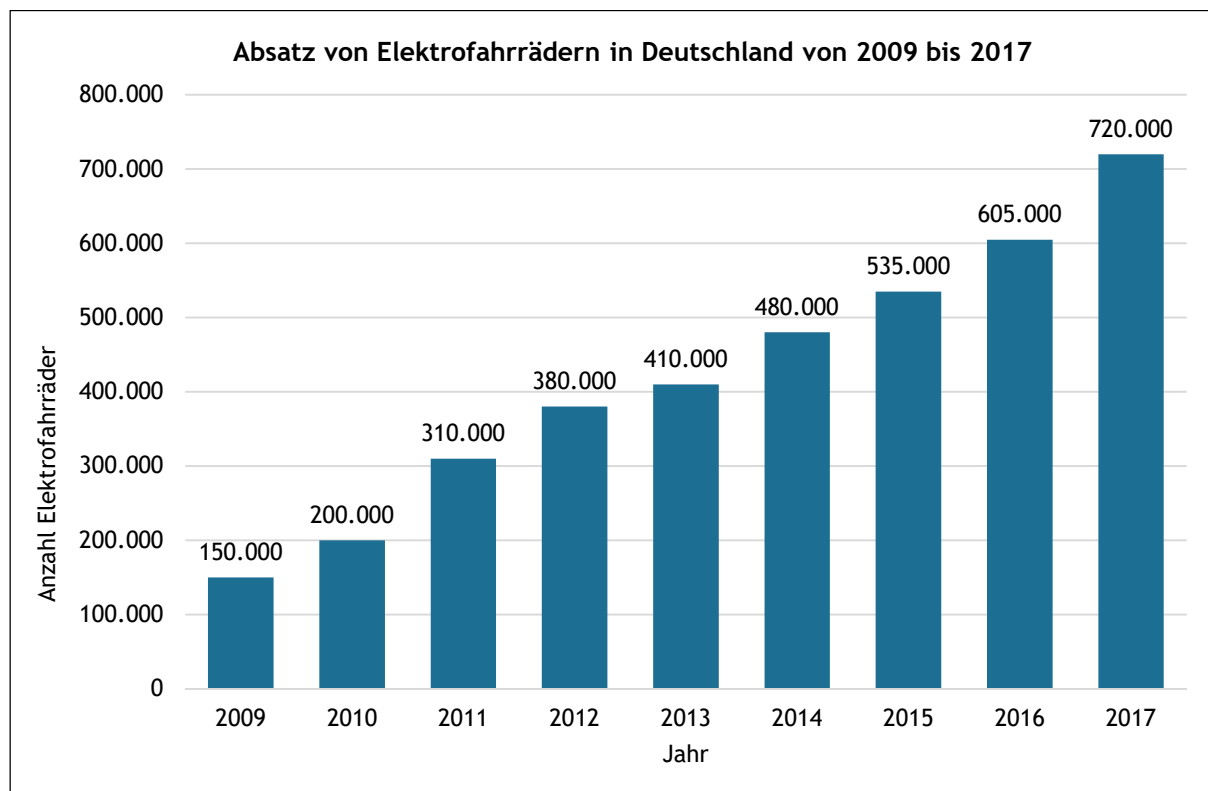


Abbildung 22: Absatz von Elektrofahrrädern in Deutschland von 2009 bis 2017 (ZIV 2018)

Der Zweirad-Industrie-Verband (ZIV) geht mittelfristig (5 Jahre) von einem Verkaufsanteil der Elektrofahrräder von 23–25 % und langfristig (8–10 Jahre) von 35 % aus¹¹⁷. Mit einem Bestand von ca. 3,5 Millionen elektrisch unterstützten Fahrrädern ergibt sich ein Anteil von 4,7 % am Gesamtbestand von Fahrrädern in Deutschland (73,5 Mio.).

Elektrofahrräder werden in drei Kategorien aufgeteilt. Pedelecs unterstützen den Fahrer mit einem Elektromotor bis maximal 250 Watt. Die Unterstützung greift nur während des Tretens und bis maximal 25 km/h. Im Straßenverkehrsgesetz ist das Pedelec dem Fahrrad rechtlich gleichgestellt, es werden weder Kennzeichen und Zulassung noch Fahrerlaubnis benötigt (vgl. Tabelle 16). Schnelle Pedelecs oder S-Pedelecs funktionieren wie Pedelecs, leisten jedoch eine

¹¹⁵ Im Vergleich: Zum 01.01.2018 betrug der Anteil elektrischer PKW am Gesamtbestand in Deutschland 0,21 %.

¹¹⁶ vgl. Zweirad-Industrie-Verband 2018a

¹¹⁷ vgl. Zweirad-Industrie-Verband 2018b

Motorunterstützung bis zu 45 km/h. Für S-Pedelecs ist eine Betriebserlaubnis bzw. Einzelzulassung und ein Versicherungskennzeichen erforderlich. Fahrer müssen mindestens 16 Jahre alt sein und eine Fahrerlaubnis der Klasse AM besitzen. Ein geeigneter Schutzhelm ist Pflicht, die Nutzung von Radwegen verboten.

E-Bikes leisten auch ohne das Treten des Fahrers elektrische Unterstützung. Sie gelten als Kleinkrafträder, wenn eine Motorleistung von 1 000 Watt und eine Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h nicht überschritten werden. Eine Betriebserlaubnis sowie ein Versicherungskennzeichen und eine Mofa-Prüfbescheinigung sind Pflicht¹¹⁸. Laut ZIV sind 99 % aller verkauften Elektrofahrräder Pedelecs, im Sprachgebrauch verbreitet ist jedoch der Begriff E-Bike, womit im weiteren Sinne Elektrofahrräder aller drei Kategorien gemeint sind. Im Folgenden wird daher von Elektrofahrrädern gesprochen.

Tabelle 16: Arten von Elektrofahrrädern im Vergleich¹¹⁹

	Pedelec	S-Pedelec	E-Bike
Motorleistung	250 Watt	500 Watt	4 000 Watt**
Unterstützung bis	25 km/h	45 km/h	Tretunabhängiger Zusatzbetrieb bis 45 km/h
Fahrzeugtyp	Fahrrad	Kleinkraftrad	Kleinkraftrad
Führerschein	Nein	Ja	Ja
Helm	empfohlen	verpflichtend	verpflichtend
Versicherung	Nein	Ja	Ja
Nutzung der Radverkehrsanlagen	Ja	Nein	Nein
Marktanteil*	98 %		2–3 %

* laut ZIV

** E-Bikes können auch mit stärkeren Motoren ausgerüstet sein und eine höhere Leistung erzielen. Dann werden sie als Kraftrad eingestuft.

Elektrische Lastenräder ermöglichen durch geräumige Gepäckträger oder Transportschalen den Transport größerer Lasten wie bspw. Einkäufe oder Umzugskartons bzw. im gewerblichen Bereich Pakete oder Essenslieferungen. Eine Zuladung bis zu 200 kg Gesamtgewicht ist möglich. Sie stellen für den Transportbedarf eine Alternative zum PKW dar, sind einspurig sowie als Modell mit drei Rädern verfügbar. Seit März 2018 werden elektrisch angetriebene Schwerlastfahräder für den gewerblichen Gebrauch staatlich gefördert.¹²⁰ Lastenräder sind in ihrer Funktionsweise analog dem Pedelec.

Laut ZIV halten die Cityräder mit 38,5 % den größten Anteil an allen verkauften Elektrofahrrädern, gefolgt von den Trekkingrädern mit 35,5 % und den Mountainbikes (MTB) mit 21,5 %. Der Anteil der Lastenräder ist im Vergleich zum Vorjahr um 0,1 % gestiegen und wird voraussichtlich weiter steigen.

¹¹⁸ vgl. Lienhop et al. 2015

¹¹⁹ vgl. Gehlert, T. 2017

¹²⁰ vgl. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle 2018

Der durchschnittliche Preis eines Elektrofahrrades lag 2016 bei 3 287 € und damit 250 € über dem des Vorjahres, was durch neue Premiummodelle vorrangig bei den MTBs zu begründen ist. Zwar sind auch günstige Modelle ab 1 199 € verfügbar, der Trend geht jedoch zu Premiummodellen mit Smartphone-Anbindung oder Bordcomputer sowie hochwertigen Komponenten¹²¹. Die teuerste Komponente eines Elektrofahrrades ist, wie beim PKW, der Akku. Mit sinkenden Kosten für Lithium-Ionen-Batterien ist mit einer Kostenreduktion der Elektrofahrräder zu rechnen.

Elektrofahrräder werden, analog zu konventionellen Fahrrädern, im Alltag auf dem Weg zur Arbeit oder für Besorgungen sowie für Ausflugsfahrten am Wochenende oder im Urlaub genutzt. Sie sprechen neue Zielgruppen an, die bisher aus verschiedenen Gründen nicht oder selten auf das Fahrrad zurückgegriffen haben. Bei gesundheitlichen Problemen oder für die Fahrt zur Arbeit oder in Gruppen mit unterschiedlich leistungsfähigen Personen wird gern auf Elektrofahrräder zurückgegriffen.

Gesundheitliche Aspekte und die Steigerung der persönlichen Fitness sind u. a. Gründe für die Nutzung. Aufgrund des geringeren Kraftaufwandes können auch längere und anspruchsvollere Strecken in kürzerer Zeit bewältigt werden können. Studienergebnisse zeigen, dass 60 % der Nutzer von Elektrofahrrädern die üblichen Ziele vom Wohnort aus sehr gut mit diesen erreichen können. Mit dem konventionellen Fahrrad trifft dies auf 27 % zu¹²². Die Nutzung von Elektrofahrrädern ermöglicht es, auch großflächigere Regionen stärker für die Fahrradnutzung zu erschließen.

Ebenfalls hohe Potentiale für Elektrofahrräder bietet der Fahrradtourismus. Durch die Ausweitung der Destinationen und des Tourenangebotes kann die touristische Frequentierung der Stadt gesteigert werden.

Potential zur Reduktion des PKW-bedingten Verkehrsaufkommens

Die Verkehrswende hat nicht den 1:1-Ersatz von konventionellen PKW durch batterieelektrisch betriebene PKW zum Ziel. Dies ist nicht zielführend, da die Emissionen zwar gesenkt, aber nicht vermieden werden. Um eine nachhaltige Mobilität zu etablieren, ist eine Reduktion des PKW-bedingten Verkehrsaufkommens und damit eine Verlagerung von MIV-Wegen auf Verkehrsmittel des Umweltverbundes erforderlich.

Für die Stadt Brandenburg bietet der Einsatz von Elektrofahrrädern im Pendlerverkehr ein großes Potential für die Reduktion des MIV. Durch die Möglichkeit, auch längere Strecken bzw. Strecken schneller absolvieren zu können, als mit dem konventionellen Fahrrad, wird der Einzugsbereich der Bahnhöfe bzw. Haltepunkte deutlich vergrößert. Mehr als drei Viertel aller Wege liegen im Entfernungsbereich von bis zu 10 km und eignen sich grundsätzlich für die Nutzung eines Elektrofahrrads.¹²³ Es kann mittlerweile auch bei Wegen von bis zu 20 km von einer Eignung für Elektrofahrräder ausgegangen werden. Die Attraktivität, den täglichen Weg zur Arbeit ohne den privaten PKW zurückzulegen, steigt durch Elektrofahrräder deutlich an. Voraussetzungen sind sicherere, abschließbare Abstellmöglichkeiten für die Elektrofahrräder an den Bahnhöfen, bspw. in Form von Fahrradboxen oder -käfigen sowie eine Fahrradwegeinfrastruktur, die das Absolvieren der Wege sicher und ohne Umwege möglich macht.

Für lokale Geschäfte und Einkaufsmöglichkeiten ergibt sich durch einen höheren Anteil der Fahrrad-Wege am Modal Split die Möglichkeit, mehr Laufkundschaft zu generieren. Aufgrund der geringeren Fahrgeschwindigkeit im Vergleich zum PKW und durch den Entfall der Parkplatzsuche sinkt die Hürde, spontan anzuhalten.

¹²¹ vgl. Greenfinder.de 2018

¹²² vgl. Lienhop et al. 2015

¹²³ vgl. Follmer et al. 2008

Die Umweltwirkung von Elektrofahrrädern ist bei einem Energieverbrauch von unter 1 kWh je 100 km natürlich deutlich geringer, als bei Autos. Wird der deutsche Strommix zu Grunde gelegt, dann berechnet sich die CO₂ Emission pro Kilometer auf ca. 4 Gramm.

Durch die Reduktion von Lärm sowie aufgrund des geringeren Flächenverbrauchs und der gesundheitlich positiven Aspekte stellen Elektrofahrräder einen großen Mehrwert dar. Mit einem Raumanspruch, der dem von konventionellen Fahrrädern entspricht, können Flächen deutlich effizienter genutzt werden als für die Bereitstellung von Parkplätzen für PKW¹²⁴. Damit ergibt sich eine nachhaltige Mobilität mit deutlich attraktiveren Lebens- und Wohnräumen.

Infrastrukturanforderungen und Abstellplätze

Durch die Nutzung von Elektrofahrrädern, deren erhöhte Geschwindigkeit und ältere Nutzer mit z.T. geringer Fahrraderfahrung, ergeben sich neue Anforderungen an die Radwege. Sie müssen ausreichend breit sein, einen rutschfesten Belag und große Kurvenradien haben. Verkehrssichere Überholvorgänge von Radfahrern mit einer geringeren Geschwindigkeit müssen möglich sein.¹²⁵ Die Beschilderung muss eine ausreichende Größe haben und frühzeitig erkennbar sein. Treppen und Absätze sollten vermieden werden bzw. müssen Alternativen zur Verfügung stehen, die kein Anheben der Elektrofahrräder erfordern (bspw. Rampen ohne enge Kurven oder starke Anstiege, Fahrstühle etc.).

Abstellmöglichkeiten für Elektrofahrräder kommt aufgrund ihres Wertes, der überproportional wahrgenommenen Diebstahlwahrscheinlichkeit und abnehmbaren Akkus eine hohe Relevanz zu. Abstellmöglichkeiten müssen sowohl an Wohnungen, bei Arbeitgebern und auch an (halb)öffentlichen Fahrtzielen mit längeren Standzeiten barrierefrei und diebstahlgeschützt vorhanden sein. Dafür eignen sich Fahrradbügel bzw. präferiert abschließbare Fahrradboxen.

Bei Bautätigkeiten und im Rahmen der allgemeinen Kommunikation sollten Bauherren auf die speziellen Anforderungen von Elektrofahrrädern hingewiesen werden. Ggf. kann dies mit Empfehlungen zur Ladeinfrastruktur in ein Merkblatt aufgenommen werden.

Ladeinfrastruktur

Aktuelle Elektrofahrräder weisen Reichweiten zwischen 40 und 80 km im Realbetrieb auf. Da wenige Nutzer von Elektrorädern längere Strecken absolvieren, ist LIS nicht zwingend. Vielmehr stellt es einen Mehrwert und einen Anziehungspunkt dar. Daraus ergibt sich besonders im touristischen Bereich Potential als zusätzliches Serviceangebot für die Kunden.

Synergieeffekte mit LIS für Elektrofahrzeuge ergeben sich ggf. durch die gleichzeitige Nutzungsmöglichkeit der LIS-Anschlüsse. Voraussetzung ist, dass die Ladestation über einen Schuko-Anschluss verfügt. Allerdings existiert dann kein Diebstahlschutz für die Akkus. Weitere Synergieeffekte ergeben sich auf der Standort-Ebene. Durch eine gemeinsame Standortplanung von LIS für E-Fahrzeuge sowie Elektrofahrräder können Einsparungen im Planungsaufwand, bei Installations- sowie Nachrüstungskosten erzielt werden.

Weiterhin kann durch gemeinsame Anordnungen von LIS für E-Fahrzeuge und Elektrofahrräder ein intermodales Mobilitätsverhalten der Nutzer gefördert werden. Umweltfreundliche und zukunftsweisende Mobilitätskonzepte können nur in der Gesamtheit aller Verkehrsträger wirkungsvoll realisiert werden.

Aus den Ansätzen zur Steigerung der Anzahl an Wegen durch (Elektro)-fahrräder lassen sich Ansätze für Ladeinfrastruktur für Elektrofahrräder ableiten:

¹²⁴ vgl. Umweltbundesamt 2014
¹²⁵ vgl. BMVBS 2012

- LIS für Elektrofahrräder ist nur in der Beherbergungsbranche und bei Elektrofahrrad-Sharingangeboten notwendig. Sie trägt aber generell dazu bei, Akzeptanz, Komfort und Sichtbarkeit zu erhöhen.
- Die Diebstahlsicherung des Akkus stellt eine große Hürde für private Elektrofahrräder beim Ladevorgang an öffentlicher LIS dar. Dafür müssen spezielle Boxen oder eine hohe Sichtbarkeit während der vergleichsweise langen Ladedauer geschaffen werden.
- Durchführung von Workshops/Kampagnen zur Informationsvermittlung und Aktivierung von Stakeholdern zur Errichtung von LIS (Unternehmen, Hotel- und Gastronomiebetreiber sowie Fahrradhändler und -verleih).
- Neben den ausgewiesenen Gebieten ist die Errichtung von LIS generell an hochfrequentierten Standorten, bspw. an Bahnhöfen/Haltestellen empfehlenswert.
- Kartendarstellung aller vorhandenen Ladestationen und Verleihmöglichkeiten für Elektrofahrräder.

Zusammenfassung

- ✓ Elektrofahrräder bieten vielseitige Vorteile, was sich in den steigenden Verkaufszahlen der letzten Jahre widerspiegelt. Dazu zählen die Reduktion von Schadstoff- und Lärmemissionen durch die Verlagerung von Fahrten mit dem PKW auf das Elektrofahrrad, gesundheitlich positive Aspekte durch körperliche Betätigung sowie der geringere Flächenverbrauch im Vergleich zum PKW.
- ✓ Elektrofahrräder eignen sich sowohl für den Tourismus als auch für Arbeits- und Freizeitwege. Elektrische Lastenräder können für den Transport von Waren, bspw. schweren Einkäufen, eingesetzt werden. Durch die Unterstützung des Elektromotors ist ein geringerer Kraftaufwand des Nutzers erforderlich, wodurch längere und anspruchsvollere Strecken als mit dem konventionellen Fahrrad zurückgelegt werden können. Zudem wird der Radverkehr für neue Zielgruppen, bspw. ältere Menschen und Menschen mit gesundheitlichen Einschränkungen, attraktiv.
- ✓ Um das Potenzial von Elektrofahrrädern für die Verringerung des PKW-bedingten Verkehrsaufkommens ausschöpfen zu können, kommt einer geeigneten Radwegeinfrastruktur eine hohe Relevanz zu. Dazu zählen eine ausreichende Fahrbahnbreite für Überholvorgänge, ein rutschfester Belag, weite Kurvenradien, eine geeignete Beschilderung sowie das Vermeiden von Treppen oder Absätzen.
- ✓ Aufgrund des hohen Wertes von Elektrofahrrädern im Vergleich zu konventionellen Fahrrädern sind sichere und robuste Abstellmöglichkeiten, bspw. Fahrradbügel bzw. abschließbare und überdachte Fahrradboxen oder -käfige erforderlich. Dies gilt insbesondere an P+R-Standorten an Bahnhöfen, wo die Räder längere Zeit stehen.
- ✓ Aktuelle Modelle verfügen über Reichweiten zwischen 40 und 80 km. Da nur wenige Nutzer längere Strecken zurücklegen, ist das Bereitstellen von LIS nicht zwingend erforderlich. Insbesondere im touristischen Bereich stellt sie jedoch ein zusätzliches Serviceangebot für die Gäste dar.

11 Maßnahmenkatalog und Priorisierung

Das Thema Elektromobilität ist derzeit noch mit vielen Vorurteilen behaftet. Geringe Reichweiten, wenige Lademöglichkeiten und die wahrgenommene Komplexität des Ökosystems Elektromobilität führen zu einer verbreiteten Skepsis.

Die Alltagstauglichkeit der Fahrzeuge wird angezweifelt, wenngleich zahlreiche Praxisbeispiele das Gegenteil beweisen. Studienergebnisse zeigen, dass E-PKW Nutzer schon 2016 ähnliche Jahresfahrleistungen aufwiesen, wie die Nutzer konventioneller PKW.¹²⁶ So legen Nutzer des Tesla Model S überwiegend 30 000 km und mehr pro Jahr zurück.¹²⁷ Die Fahrleistung liegt ca. 50 % über der durchschnittlichen Jahresfahrleistung in Deutschland. Zwar gilt der kalifornische Hersteller als Pionier der Elektromobilität, der bisher hinsichtlich der Fahrzeugreichweite deutlich über den Werten der übrigen Modelle lag. Dennoch wird deutlich, dass die Elektromobilität generell in einem funktionierenden System, bestehend aus Fahrzeug, LIS und einem umfangreichen Informations- und Kommunikationssystem, schon seit einigen Jahren alltagstauglich ist.

Modelle anderer namhafter Hersteller, die 2019 auf den Markt gekommen sind, stehen den Tesla Modellen nicht mehr nach. Die Modellvielfalt wächst, ebenso wie die Zuverlässigkeit und Reichweite etablierter Modelle. Der Ausbau der LIS geht seit 2014 kontinuierlich voran. Im Mai 2019 gab es in Deutschland so viele Ladestationen (ca. 9 500/17 260 Ladepunkte) wie Tankstellen (ca. 14 500).¹²⁸ Geringe Reichweiten und ein Mangel an LIS sind heute nicht mehr die entscheidenden Kaufhürden. Limitierende Faktoren stellen vorrangig die, im Vergleich zu konventionellen Modellen, hohen Anschaffungskosten und die langen Lieferzeiten der Hersteller aufgrund unzureichender Produktkapazitäten dar. Es ist jedoch zu erwarten, dass aufgrund von Skaleneffekten und steigender Nachfrage sowohl die Kosten für die Fahrzeuge sinken werden, als auch deren zeitnahe Verfügbarkeit steigen wird.

Entscheidungen hinsichtlich der nationalen Etablierung der Elektromobilität werden nicht auf dem deutschen Markt getroffen, sondern auf Märkten mit deutlich größerem Druck hinsichtlich Schadstoffbelastungen und steigendem Verkehrsaufkommen. Mit den vorgeschriebenen Quoten für Elektrofahrzeuge, bspw. auf dem chinesischen Markt, wurde die Zukunft der Elektromobilität definiert. Für Deutschland, seine Länder, Landkreise, Städte und Gemeinden stellt sich die Frage, ob sie die Entwicklung der Elektromobilität vor Ort gestalten wollen. Maßnahmen zur Förderung und Gestaltung müssen jetzt umgesetzt werden, um als Stadt von den Chancen der Elektromobilität hinsichtlich Nachhaltigkeit und Wertschöpfung profitieren zu können.

Auf Grundlage der regionalen Gegebenheiten, durchgeführten Untersuchungen und Analysen im Rahmen der Konzepterstellung sowie den Erfahrungswerten der Berater, wurden für die Stadt Brandenburg an der Havel verschiedene Maßnahmen definiert (vgl. Tabelle 17). Diese können bei konsequenter Umsetzung positiv auf die Entwicklung der Elektromobilität in der Stadt wirken. Die Stadt Brandenburg an der Havel kann insbesondere durch eine initiiierende und steuernde Funktion Aktivitäten vorantreiben.

¹²⁶ Die durchschnittliche Jahresfahrleistung mit Pkw lag 2016 in Deutschland bei 14 015 km

¹²⁷ vgl. Vogt/Fels 2017

¹²⁸ vgl. Bundesnetzagentur 2019 und Mineralölwirtschaftsverband e.V. 2019

11.1 Übersicht und Priorisierung der Maßnahmen

Tabelle 17: Übersicht und Priorisierung der Maßnahmen für die Stadt Brandenburg an der Havel

Nr.	Maßnahmentitel	Umsetzung	Priorität
Information & Kommunikation			
1	Ladeinfrastruktur und Mobilität – Strategien gemeinsam mit Wohnungsunternehmen entwickeln	Kurzfristig	hoch
2	Information & Sensibilisierung von Unternehmen	Kurzfristig	mittel
Ladeinfrastruktur			
3	Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur	Mittel- langfristig	hoch
4	Proaktive Mitwirkung bei dem Ausbau halböffentlicher Ladeinfrastruktur	Kurz- mittelfristig	hoch
5	Informationen zur Berücksichtigung von LIS bei Neubauprojekten für Gewerbe und Privatpersonen	Mittelfristig	mittel
6	Anpassung der Stellplatzsatzung prüfen	Mittelfristig	mittel
Fuhrpark			
7	Auslagerung von Fuhrparkfahrzeugen in ein Carsharing-System prüfen	Kurzfristig	hoch
8	Prüfung der Elektrifizierung des Fuhrparks	Kurzfristig	hoch
Wirtschaftsverkehr			
9	Umsetzbare Einzelprojekte zur Reduzierung des Lieferverkehrs mit einzelnen Anbietern entwickeln, darunter Radlogistik, Mini-Hubs und Paketstationen	Mittelfristig	mittel
10	Gesamtstrategie für nachhaltigen Wirtschaftsverkehr	Mittelfristig	hoch
Tourismus			
11	Aufrüstung der Stromanschlüsse am Neustädtischen Wassertor	Mittelfristig	hoch
12	Prüfung der Ausstattung weiterer Anleger für Flusskreuzfahrtschiffe	Mittelfristig	hoch
13	Prüfung der Ausstattung von Sportbootanlegern	Mittelfristig	mittel
14	Beratung von Beherbergungsbetrieben zur Errichtung von Ladeinfrastruktur für eBikes und Elektroautos sowie ggf. zur Bereitstellung von e-Bikes für Gäste	Kurzfristig	mittel
ÖPNV			
15	Prüfung und ggf. Initiierung eines Pilotprojektes für einen elektrischen und autonomen Shuttlebus	Mittelfristig	mittel

11.2 Detailbeschreibung

Nachfolgend wird auf die vorgestellten Maßnahmen detaillierter eingegangen.

11.2.1 Information und Kommunikation

1) Ladeinfrastruktur und Mobilität – Strategien gemeinsam mit Wohnungsunternehmen entwickeln

- Die im Projekt identifizierten Ansätze (Lademöglichkeiten für E-PKW und Abstellanlagen für Pedelecs in Wohngebieten) sollten gemeinsam mit Wohnungsunternehmen weiter verfolgt werden. Dafür ist eine regelmäßige Sensibilisierung der Akteure notwendig. Die Akteure müssen zum eigenständigen Handeln motiviert werden. Es wird die Initiierung einer „Arbeitsgruppe Mobilität“ mit Vertretern der Stadtverwaltung und den Wohnungsunternehmen sowie im Bereich LIS unter Einbindung der StWB empfohlen.
- Wohnungsunternehmen können auch zentrale Partner für den Ausbau des Car-sharing-Systems in der Stadt Brandenburg sein. Stellplätze in Wohngebieten weisen eine hohe Eignung für die Substitution privater Autos auf, da sie deren Nutzung sehr gut ersetzen können.

2) Information & Sensibilisierung von Unternehmen

- Größere Arbeitgeber in der Stadt sollten über die Einsatzmöglichkeiten von Elektromobilität informiert werden. Dies betrifft die Bereitstellung von Lademöglichkeiten für Mitarbeiter sowie die Elektrifizierung des eigenen Fuhrparks.
- Die Thematik wird von den Akteuren aktuell noch nicht hoch priorisiert, sollte jedoch in regelmäßigen Abständen erneut thematisiert werden. Dafür können Informationsmaterialien, bspw. in Form einer Themenseite auf der Internetseite der Stadt Brandenburg mit Einsatzmöglichkeiten und Handlungsfeldern sowie weiterführenden Links zusammengestellt und ein Ansprechpartner benannt werden, der den Unternehmen einen Einstieg ermöglicht.

11.2.2 Ladeinfrastruktur

3) Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur

- Aufgrund der Aktivitäten der StWB besteht für die Stadt Brandenburg an der Havel kein Handlungsdruck hinsichtlich des LIS-Ausbaus im öffentlichen Straßenraum. Die Stadt sollte daher den LIS-Ausbau koordinativ begleiten und proaktiv vorantreiben. Dafür sind regelmäßige Absprachen mit den StWB hinsichtlich des geplanten Ausbaus im öffentlichen Straßenraum und ein Abgleich mit den Wunschstandorten der Bürger notwendig.

4) Proaktive Mitwirkung bei dem Ausbau halböffentlicher Ladeinfrastruktur

- Ladevorgänge an Normalladeinfrastruktur im (halb)öffentlichen Bereich fallen vorrangig in Gebieten mit Pol und PoS, an frequentierten Straßen und Orten des alltäglichen Bedarfes mit Kundenverkehr und längerer Standdauer an.
- Da Ladevorgänge im (halb)öffentlichen Bereich meist nebenbei, während der Durchführung einer anderen Tätigkeit, durchgeführt werden, ist die Errichtung von LIS auf den Flächen Dritter bedarfsorientiert. Damit ergeben sich Co-Finanzierungen zur LIS, die sich nicht direkt aus den Ladevorgängen ergeben. So

kann insbesondere Normalladeinfrastruktur geschaffen werden, für die kein eigenständiges Geschäftsmodell existiert.

- Auf den Ausbau der LIS im halböffentlichen Raum kann die Stadt Brandenburg an der Havel nur bedingt einwirken, da sich die Flächen im Besitz Dritter befinden. Die Stadt sollte den Ausbau jedoch proaktiv vorantreiben und koordinieren.
- Über die Ansprache, Information und Sensibilisierung von Gastronomie und Hotellerie sowie Freizeiteinrichtungen und touristischen Hotspots kann der LIS-Ausbau insbesondere für Gäste und Touristen proaktiv vorangetrieben werden. Die Akteure können LIS für die Gäste anbieten und diese als Kundenbindungs- und Kundengewinnungsinstrument nutzen. Zudem können die Umsätze im Kerngeschäft durch eine längere Aufenthaltsdauer gesteigert werden.
- Erfahrungsgemäß sind die Akteure für die Thematik noch wenig sensibilisiert. Es wird daher die Durchführung von Informationsveranstaltungen bzw. Mobilitätstagen speziell für diese Akteure ab Mitte 2020 empfohlen. Die Thematik sollte wiederholt aufgegriffen und auch durch Informationsstände bei Klimaschutz- und branchenspezifischen Veranstaltungen präsentiert werden.

5) Informationen zur Berücksichtigung von LIS bei Neubauprojekten für Gewerbe und Privatpersonen

- Informationen zur Berücksichtigung von LIS bei Neubauprojekten für Gewerbe und Privatpersonen → Bei Neubau und Renovierungsprojekten sollten Informationen bereitgestellt werden, die Bauherren über notwendige Maßnahmen zur Vorbereitung für LIS informieren. Dies betrifft die Verlegung von Leerrohren sowie die vorbereitende Verkabelung.

6) Anpassung der Stellplatzsatzung prüfen

- Mit der Stellplatzsatzung steuert die Stadt, wie viele Stellplätze bei Neubau- und Sanierungsvorhaben durch die Bauherrenschaft hergestellt werden müssen.
- Zu prüfen ist, ob nicht im Austausch für gemeinschaftlich zu nutzende Fahrzeuge, die Erfordernisse reduziert werden können.
- Abhängig von der Größe der Stadt und der Bevölkerungsdichte ersetzen Carsharing-Fahrzeuge zwischen 6 und 20 private Fahrzeuge. Eine Reduzierung privater Autoeigentümerschaft trägt maßgeblich zur Reduzierung mobilitätsbedingter Umweltbelastungen in innerstädtischen und stark verdichteten Quartieren bei.

11.2.3 Fuhrpark

7) Auslagerung von Fuhrparkfahrzeugen in ein Carsharing-System prüfen

- Im Rahmen der im Jahr 2021 anstehenden Neubeschaffung der Fuhrparkfahrzeuge wird die Auslagerung von vier Fahrzeugen auf das externe Carsharing-System empfohlen.
- Dazu ist vorab eine Markterkundung zur Gewinnung eines Anbieters nötig. Empfohlen wird die Ansprache von in räumlicher Nähe bereits aktiven Carsharing-Anbietern. Den Anbietern werden Konzept und Rahmenbedingungen vorgestellt.
- Aufbauend auf den Rückmeldungen erfolgt in einem weiteren Schritt die Ausschreibung für ein Carsharing-System in der Stadt Brandenburg an der Havel mit der Stadtverwaltung als Ankernutzer.

- Die Möglichkeit der Auslagerung weiterer Fahrzeuge auf den externen Carsharing-Anbieter sollte bei zukünftigen Beschaffungen vorab geprüft werden.

8) Prüfung der Elektrifizierung des Fuhrparks

- Bei der Beschaffung von Fahrzeugen sollte stets die Elektrifizierung geprüft werden. Es sind vor allem Streckenprofile und die Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigen.
- Die Beschaffung von Elektrofahrzeugen für den Fuhrpark der Stadtverwaltung ist bereits bei der anstehenden Beschaffung im Jahr 2021 für einige Fahrzeuge möglich.
- Aufgrund ökonomischer Rahmenbedingungen (hohe Anschaffungskosten, Beschaffung von LIS, keine Förderung im Behördenleasing möglich), ist die Elektrifizierung des Fuhrparks im Jahr 2021 möglicherweise noch wirtschaftlich schwierig.

11.2.4 Wirtschaftsverkehr

9) Umsetzbare Einzelprojekte zur Reduzierung des Lieferverkehrs mit einzelnen Anbietern entwickeln, darunter Radlogistik, Mini-Hubs und Paketstationen

- Die Errichtung eines Mini-Hubs, ggf. mit dem Absolvieren der letzten Meile mittels Lastenrädern, wurde im Gespräch mit den Logistikern bereits thematisiert. Eine erneute Kontaktaufnahme mit den interessierten Akteuren wird empfohlen, um die Umsetzung des Ansatzes voranzutreiben.
- Hinsichtlich der Errichtung von anbieterübergreifenden Paketstationen wird eine Absprache mit den Wohnungsunternehmen empfohlen (vgl. Maßnahme 1).

10) Gesamtstrategie für nachhaltigen Wirtschaftsverkehr

- Eine umweltfreundliche Ausrichtung des Wirtschaftsverkehrs konnte im Elektromobilitätskonzept nur als Teil eines ganzheitlichen Ansatzes für eine nachhaltige Mobilität in der Stadt Brandenburg an der Havel betrachtet werden.
- Aufgrund der hohen Relevanz des Themas hinsichtlich der Verkehrs- und Emissionsreduktion, insbesondere in der Innenstadt, empfiehlt es sich, eine Gesamtstrategie für den Wirtschaftsverkehr zu entwickeln.
- Dabei soll neben Liefer- und Kurierdiensten ggf. auch der lokale Einzelhandel als Adressat der Lieferungen einbezogen werden.
- Überprüfung des städtischen Regelwerks für Warenlieferung (u.a. Zeitfenster) und Prüfung der Einrichtung von Lieferzonen.

11.2.5 Tourismus

11) Aufrüstung der Stromanschlüsse am Neustädtischen Wassertor

- Ein Großteil der Flusskreuzfahrtschiffe, die in der Stadt anlegen, kommt zum Neustädtischen Wassertor. Um weiterhin für alle Flusskreuzfahrtschiffe nutzbar und für die Zukunft gewappnet zu sein, müssten die dort vorhandenen 2x125 A Anschlüsse auf bis zu 800 A aufgerüstet werden. Andernfalls reicht der Strom

nicht aus, um die Schiffe komplett zu versorgen und es wird wiederum auf eigene (Diesel)Generatoren zurückgegriffen.¹²⁹

- Die Aufrüstung dieses Anlegers sollte im Rahmen eines mindestens regional abgestimmten Konzeptes erfolgen.

12) Prüfung der Ausstattung weiterer Anleger für Flusskreuzfahrtschiffe

- Für drei weitere Anleger für Flusskreuzfahrtschiffe Am Beetzseeufer, Bornufer-Plaue und Seeblick Kirchmöser sollte geprüft werden, welche Ausstattung perspektivisch notwendig ist. Dies gilt auch für die Ausflugs- und Kurzzeitanleger.

13) Prüfung der Ausstattung von Sportbootanlegern

- Bei den mit einer Stromversorgung am Steg ausgestatteten Sportbootanlegern sollte die Erhöhung der Hausanschlusswerte geprüft und vorbereitet werden, um in Hinblick auf die zunehmende Verbreitung rein elektrisch angetriebener Boote eine praktikable Lösung für die Kunden anbieten zu können.
- Vor diesem Hintergrund sollte zudem geprüft werden, ob an jedem Steg mindestens ein Drehstromanschluss zur Verfügung gestellt werden kann, um die Batterien von bspw. elektrisch betriebenen Motoryachten oder größeren Booten über Nacht wieder aufladen zu können.

14) Beratung von Beherbergungsbetrieben zur Errichtung von Ladeinfrastruktur für eBikes und Elektroautos sowie ggf. zur Bereitstellung von eBikes für Gäste

- Der Fahrradtourismus erfreut sich in Brandenburg an der Havel großer Beliebtheit und ist u.a. Anschlussaktivität zum Wassertourismus.
- (Elektro-)Fahrräder bieten den Gästen die Möglichkeit, vor Ort mit dem Rad mobil zu sein, ohne eine Fahrradverleihstation aufzusuchen. Aufgrund des erhöhten Komforts durch die Verfügbarkeit direkt an der Unterkunft, wird das Angebot als Mehrwert wahrgenommen und leistet einen Beitrag zur Mobilität vor Ort. Für viele Gäste bietet sich die Möglichkeit, Elektrofahrräder erstmalig zu testen.

11.2.6 ÖPNV

15) Prüfung und Initiierung eines Pilotprojektes für einen elektrischen und autonomen Shuttlebus

- Ergänzend zum bestehenden ÖPNV Netz soll für einen oder mehrere äußere Ortsteile die Einbindung eines nur lokal verkehrenden autonomen Shuttlebusses geprüft werden, um die Einbindung auch entlegener Ortsteile in das städtische Nahverkehrsnetz zu verbessern.

¹²⁹ vgl. maz-online.de 2018

12 Literaturverzeichnis

- Aachener Straßenbahn und Energieversorgungs-AG (ASEAG) (2019):** Zukunftsvision – Autonomes Fahren im ÖPNV. Online unter: <https://www.aseag.de/die-aseag/naechster-halt-zukunft/forschungsprojekt-autonomes-fahren-im-oepnv/> [03.09.2019].
- Aichinger, W./Applehans, N./Gerlach, J./Gies, J./Hanke, S./Klein-Hitpaß, A./ Warnecke, T. (2015):** Elektromobilität in der kommunalen Umsetzung – Kommunale Strategien und planerische Instrumente. Online unter: http://www.starterset-elektromobilitaet.de/content/1-Bausteine/4-Kommunale_Flotte/elektromobilitaet_in_der_kommunalen_umsetzung.pdf [09.09.2019].
- Allgemeiner Deutscher Automobil-Club (ADAC) (2018a):** Autonomes Fahren: Digital entspannt in die Zukunft. Online unter: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autonomes-fahren/autonomes-fahren-aktuelle-technik/> [09.09.2019].
- Allgemeiner Deutscher Automobil-Club (ADAC) (2018b):** Ökobilanz gängiger Antriebstechniken. Online unter: <https://www.adac.de/infotestrat/umwelt-und-innovation/abgas/oekobilanz/default.aspx> [09.09.2019].
- Ampereship.com (2018):** Schiff ohne Schornstein. Online unter: <https://www.ampereship.com/newsreader-2416/schiff-ohne-schornstein.html> [09.09.2019].
- Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (2018):** Statistischer Bericht. Tourismus im Land Brandenburg nach Gemeinden 2017. Online unter: https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/publikationen/stat_berichte/2018/SB_G04-09-00_2017j00_BB.pdf [05.08.2019].
- bcs.e.V (2019):** Aktuelle Zahlen und Daten zum Carsharing in Deutschland. Online unter: <https://www.carsharing.de/alles-ueber-carsharing/carsharing-zahlen/aktuelle-zahlen-daten-zum-carsharing-deutschland-1> [Abruf am 26.08.2019].
- Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) (2018):** Countdown für die autonomen Minibusse. Online unter: https://www.bvg.de/images/content/pressemitteilungen/2018/20180215_PM_Countdown_fuer_die_autonomen_Minibusse.pdf [09.09.2019].
- Berliner Zeitung (2018):** Paketlieferung der Zukunft Lastenräder und smarte Packstationen im Haus. Online unter: <https://www.berliner-zeitung.de/wissen/paketlieferung-der-zukunft-lastenraeder-und-smarte-packstationen-im-haus-30577524> [09.09.2019].
- Binnenschifffahrt Online (2018):** Hafenwirtschaft begrüßt Beschlüsse zu Landstrom und Planungsrecht. Online unter: <https://binnenschifffahrt-online.de/2018/07/haefenwasserstrassen/4011/hafenwirtschaft-begruesst-beschluesse-zu-landstrom-und-planungsrecht/> [09.09.2019].
- BTE/dwif (2003):** Grundlagenuntersuchung Wassertourismus – Ist-Zustand und Entwicklungsmöglichkeiten, Berlin.
- Bundesagentur für Arbeit (2018):** Pendleratlas. Online unter: <https://statistik.arbeitsagentur.de/Navigation/Statistik/Statistische-Analysen/Interaktive-Visualisierung/Pendleratlas/Pendleratlas-Nav.html> [30.09.2019].
- Bundesagentur für Arbeit (2019):** Statistischer Bericht IV. Quartal 2019. Online unter https://www.stadt-brandenburg.de/fileadmin/pdf/12/Statistik_IV_Quartal_2019.pdf. [30.12.2019].

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2018): Modul 5: Lastenräder und Lastenanhänger mit Elektroantrieb für den fahrradgebundenen Lastenverkehr, Eschborn.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2016): Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Online unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf [05.08.2019].

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2018): Richtlinien zur Förderung der Anschaffung von Elektrobussen im öffentlichen Personennahverkehr, Berlin.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2014): Öffentliche Ladeinfrastruktur für Städte, Kommunen und Versorger, Berlin.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2019): Städtische Logistik. Online unter: <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Mobilitaet/Gueterverkehr-Logistik/Staedtische-Logistik/staedtische-logistik.html> [09.09.2019].

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2013): Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS) – Energie auf neuen Wegen. Online unter: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/MKS/mks-strategie-final.pdf?__blob=publicationFile [05.08.2019].

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2012): Nationaler Radverkehrsplan 2020: Den Radverkehr gemeinsam weiterentwickeln, Berlin.

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Online unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiekonzept-2010.pdf?__blob=publicationFile&v=3 [05.08.2019].

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (2013): Wassertourismus in Deutschland – Praxisleitfaden für wassertouristische Unternehmen, Kommunen und Vereine. Online unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Tourismus/wassertourismus-in-deutschland.pdf?__blob=publicationFile&v=3 [09.09.2019].

Bundesnetzagentur (2019): *Ladesäulenregister.* Online unter: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/HandelundVertrieb/Ladesaeulenkarte/Karte/Ladesaeulenkarte-node.html [28.05.2019].

Bundesregierung (2009): Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung. Online unter: https://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/2016-08/nep_09_bmu_bf.pdf [09.09.2019].

Bundesverband CarSharing (bcs) (2019): Aktuelle Zahlen und Daten zum CarSharing in Deutschland. Online unter: <https://www.carsharing.de/alles-ueber-carsharing/carsharing-zahlen/aktuelle-zahlen-daten-zum-carsharing-deutschland-1> [09.09.2019].

Bundesverband Paket & Expresslogistik (BIEK) (2018): KEP-Studie 2018 – Analyse des Marktes in Deutschland. Online unter: <https://www.biek.de/download.html?getfile=1928> [09.09.2019].

computer-automation.de (2019): Details zur elektrischen Autofähre 'Ampere Stavanger'. Online unter: <https://www.computer-automation.de/bilder/?gid=5364&cp=0> [09.09.2019].

- Daw, P./Powell, M. (2018):** Cities in the Driving Seat. Connected and Autonomous Vehicles in Urban Development. Online unter: <https://www.energia.gr/media/files/21-SIEMENS%20-%20Cities%20in%20the%20driving%20seat%20report.pdf> [24.05.2019].
- Deutscher Bundestag (2019):** Kleine Anfrage der Abgeordneten Bernd Reuther, Frank Sitta, Christine Aschenberg-Dugnus, u. a. und der Fraktion der FDP betr.: „Landstrom in der Schifffahrt“. BT-Drucksache: 19/14740. Online unter: <https://kleineanfragen.de/bundestag/19/5513-landstrom-in-der-schifffahrt> [09.09.2019].
- DHL (2019):** Pakete rund um die Uhr an die Packstation senden lassen. Online unter: <https://www.dhl.de/de/privatkunden/pakete-empfangen/an-einem-abholort-empfangen/packstation-empfang.html> [09.09.2019].
- Dornier Consulting International (2017):** Autonomes Fahren. Erwartungen an die Mobilität der Zukunft. Online unter: https://www.dornier-consulting.com/wp-content/uploads/2017/11/Autonomes-Fahren_Report_ger_final_web_112017.pdf [09.09.2019].
- Eckstein, L./Form, T./Maurer, M./Schöneburg, R./Spiegelberg, G./Stiller, C. (2018):** Automatisiertes Fahren. Online unter: <https://www.trialog-publishers.de/media-online/automatisiertes-Fahren-VDI-Statusreport-Juli-2018.pdf> [09.09.2019].
- EEG (2017):** Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), zuletzt geändert durch Artikel 5 des Gesetzes vom 13. Mai 2019 (BGBl. I S. 706).
- electrive.net (2017a):** Erste Hybrid-Fähre Elektra in Finnland in Betrieb. Online unter: <https://www.electrive.net/2017/06/27/erste-hybrid-faehre-elektra-in-finnland-in-betrieb/> [09.09.2019].
- electrive.net (2017b):** Stapellauf der ersten E-Autofähre Sankta Maria II. Online unter: <https://www.electrive.net/2017/10/24/stapellauf-der-ersten-e-autofaehre-sankta-maria-ii/> [09.09.2019].
- electrive.net (2018a):** Das schnellste E-Boot der Welt. Online unter: <http://www.kreis-elelectric.com/blog/das-schnellste-e-boot-der-welt/> [09.09.2019].
- electrive.net (2018b):** Norwegen schützt Fjorde mit Null-Emissionen-Zone. Online unter: <https://www.electrive.net/2018/05/05/norwegen-schuetzt-fjorde-mit-null-emissionen-zone/> [09.09.2019].
- electrive.net (2018c):** Norwegen: Elektro-Fähre für 400 Passagiere geht in Betrieb. Online unter: <https://www.electrive.net/2018/05/07/norwegen-elektro-faehre-fuer-400-passagiere-geht-in-betrieb/> [09.09.2019].
- electrive.net (2019a):** „Color Hybrid“: Weltgrößtes Plug-in-Hybridschiff an Reederei übergeben. Online unter: <https://www.electrive.net/2019/08/05/color-hybrid-weltgroesstes-plug-in-hybridschiff-an-reederei-uebergeben/> [09.09.2019].
- electrive.net (2019b):** Dänemark: Stärkste Elektro-Fähre der Welt getauft. Online unter: <https://www.electrive.net/2019/06/04/daenemark-staerkste-elektro-faehre-der-welt-getauft/> [09.09.2019].
- electrive.net (2019c):** Frauscher Bootswerft stellt Elektro-Yacht 740 Mirage Air vor. Online unter: <https://www.electrive.net/2019/07/12/frauscher-bootswerft-stellt-neue-elektro-yacht-vor/> [09.09.2019].
- electrive.net (2019d):** Hurtigruten: Ausflüge auf batteriebetriebenenem Katamaran. Online unter: <https://www.electrive.net/2019/05/16/hurtigruten-tagestrips-auf-batteriebetriebenenem-katamaran/> [09.09.2019].

Esser, K./Kurte, J. (2018): Autonomes Fahren. Aktueller Stand, Potentiale und Auswirkungsanalyse, Köln.

europa.eu (2018): Kommission begrüßt endgültige Einigung auf neue Vorschriften zur Energieeffizienz von Gebäuden. Online unter: https://ec.europa.eu/germany/news/2018-0417-kommission-begruesst-einigung-vorschriften-zur-energieeffizienz-von-gebaeuden_de [09.09.2019].

European Alternative Fuels Observatory (eaf0) (2018): EV market share in 2018 YTD.

European Cyclists' Federation (2011): Cycle more often 2 cool down the planet – Quantifying CO₂ savings of cycling. Online unter: https://ecf.com/sites/ecf.com/files/ECF_CO2_WEB.pdf [09.09.2019].

float Magazin (2019): Amsterdam wird elektrisch. Online unter: <https://floatmagazin.de/orte/amsterdam-wird-elektrisch-elektromobilitaet/> [09.09.2019].

Follmer, R./Gruschwitz, D./Jesske, B./Quandt, S./Lenz, B./Nobis, C./Köhler, K./Mehlin, M. (2008): Mobilität in Deutschland (MiD) (2008): Ergebnisbericht: Struktur-Aufkommen-Emissionen-Trends. Bonn/Berlin.

Gehlert, T. (2017): Verkehrssicherheit von Elektrofahrrädern. In: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (Hrsg.): Symposium: Elektrofahrräder – Herausforderungen und Trends. Tagungsband, Berlin.

Greenfinder.de (2018): E-Bikes und Pedelecs. Online unter: <https://www.greenfinder.de/> [09.09.2019].

Hamburger Abendblatt (2019): Auf Hamburgs Initiative: Landstrom soll billiger werden. Online unter: <https://www.abendblatt.de/hamburg/kommunales/article217413043/Hamburger-Hafen-Landstrom-Klimaschutz-Kreuzfahrtschiff.html> [09.09.2019].

Hamburger Hochbahn AG (HOCHBAHN) (2019): Projekt HEAT – HOCHBAHN-Forschungsprojekt zu fahrerlosen Kleinbussen. Online unter: https://www.hochbahn.de/hochbahn/hamburg/de/Home/Naechster_Halt/Ausbau_und_Projekte/projekt_heat [03.09.2019].

Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg (2016): Landesentwicklungsplan Berlin-Brandenburg (LEP B-B) vom 13. Mai 2019.

Heinrichs, D. (2015): Autonomes Fahren und Stadtstruktur. In: Maurer, M., Gerdes, J., Lenz, B., Winner, H. (Hrsg.): Autonomes Fahren, Berlin/Heidelberg.

Heise online (2019): Brandenburg: Erster Probetrieb mit selbstfahrendem Bus startet bald. Online unter: <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Brandenburg-Erster-Probetrieb-mit-selbstfahrendem-Bus-startet-bald-4425305.html> [03.09.2019].

Henßler, S. (2018): StreetScooter und die Deutsche Post. Online unter: <https://www.elektroauto-news.net/2018/streetscooter-deutsche-post-wissen> [09.09.2019].

I-AT (2019): Living Lab Aachen-Vaals: ÖPNV-Shuttle. Online unter: <https://www.i-at.eu/iatdeutsch/Living-Lab-Aachen-Vaals-OPNV-Shuttle> [03.09.2019].

IHK Würzburg-Schweinfurt Mainfranken (2018): IMO: Globale Schifffahrt legt erstmals Klimaziele fest. Online unter: [https://www.bihk.de/newsletter/ihk-wuerzburg/EcoPost/Mai2018/IMO-Globale-Schifffahrt-legt-erstmal-Klimaziele-fest.html?pk_campaign=EcoPost-Mai2018&pk_kwd=\\$articleName](https://www.bihk.de/newsletter/ihk-wuerzburg/EcoPost/Mai2018/IMO-Globale-Schifffahrt-legt-erstmal-Klimaziele-fest.html?pk_campaign=EcoPost-Mai2018&pk_kwd=$articleName) [19.08.2019].

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) (1997): Mobilitätsprofile im städtischen Personenwirtschaftsverkehr. Dissertation. Schriftenreihe des IÖW 110/97. Online unter: https://www.ioew.de/fileadmin/_migrated/tx_ukioewdb/IOEW_SR_110_Mobilitaetsprofile_im_staedtischen_Personenwirtschaftsverkehr.pdf [09.09.2019].

Internationale Schifffahrtsorganisation (IMO) (2014): Third IMO GHG Study, London. Online unter: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf> [19.08.2019].

KID (2010): Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010.

Knüwer, T. (2018): Nein, selbstfahrende Autos brauchen kein 5G. Online unter: <https://www.indiskretionehrensache.de/2018/11/autonomes-fahren-5g/> [24.05.2019].

Köllner, C. (2018): Warum sich Städte auf autonome Autos vorbereiten müssen. Online unter: <https://www.springerprofessional.de/automatisiertes-fahren/mobilitaetskonzepte/warum-sich-staedte-auf-autonome-autos-vorbereiten-muessen/16092226> [09.09.2019].

Kraftfahrtbundesamt (2019): Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken, 1. Januar 2019 (FZ1).

Kraftfahrtbundesamt (2019b): Bestand am 01.01.2019 nach Fahrzeugalter. Steigendes Durchschnittsalter bei den Personenwagen. Online unter https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Fahrzeugalter/fahrzeugalter_node.html [08.02.2020]

LGI (2018): FAQ für Arbeitgeber. Logistics Group International GmbH. Online unter: <https://www.pakadoo.de/arbeitgeber/faq-arbeitgeber/> [09.09.2019].

Lienhop, M./Thomas, D./Brandies, A./Kämper, C./Jöhrens, J./Helms, H. (2015): Pedelec: Verlagerungs- und Klimaeffekte durch Pedelec-Nutzung im Individualverkehr. Endbericht, Braunschweig/Heidelberg.

Markgraf, C. (2002): Autonomes Fahren mit Hilfe der Magnetnageltechnik. Online unter: https://www.researchgate.net/profile/Carsten_Markgraf/publication/33959284_Autonomes_Fahren_mit_Hilfe_der_Magnetnageltechnik_Elektronische_Ressource/links/00b7d522ddf2a30264000000/Autonomes-Fahren-mit-Hilfe-der-Magnetnageltechnik-Elektronische-Ressource.pdf [24.05.2019].

Mauer, M./Gerdes, J. C./Lenz, B./Winner, H. (2015): Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Berlin.

maz-online.de (2018): Schiffsdiesel für die Klimaanlage. Online unter: <https://www.maz-online.de/Lokales/Brandenburg-Havel/Schiffsdiesel-fuer-die-Klimaanlage> [09.09.2019].

Mineralölwirtschaftsverband e.V. (2019): *Entwicklung des Tankstellenbestandes ab 1950 in Deutschland.* Online unter <https://www.mwv.de/statistiken/tankstellenbestand/> [28.05.2019].

Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung Brandenburg (MIL) (2019): Autonom fahrender Kleinbus - Jesse: Chance für bessere Mobilität in ländlichen Regionen. Online unter: <https://mil.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.637864.de> [03.09.2019].

- Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung des Landes Brandenburg (MIL) (2017):** Mobilitätsstrategie Brandenburg 2030. Online unter: https://mil.brandenburg.de/media_fast/4055/Broschur_MIL_Mobilit%C3%A4tsstrategie.pdf [05.08.2019].
- Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft (MLUL) (2016):** Luftreinhalteplan Stadt Brandenburg an der Havel Fortschreibung 2014/15. Abschlussbericht. Online unter: https://www.stadt-brandenburg.de/fileadmin/pdf/66/750_Bericht_LRP_16-10-21_Abschluss_mit_Kurzfassung.pdf [05.08.2019].
- Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MLUV) (2008):** Maßnahmenkatalog zum Klimaschutz und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Online unter: https://mlul.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/mk_klima.pdf [05.08.2019].
- Ministerium für Wirtschaft und Europaangelegenheiten des Landes Brandenburg (2012):** Energiestrategie 2030 des Landes Brandenburg. Online unter: https://mwe.brandenburg.de/media/bb1.a.3814.de/Energiestrategie2030_2012.pdf [05.08.2019].
- Nallinger, C. (2018):** Vom Mikro-Depot geht's mit Lastenrädern los. Online unter: <https://www.eurotransport.de/artikel/kep-projekt-komodo-ist-etikettenschwindel-vom-mikro-depot-geht-s-mit-lastenraedern-los-10178061.html> [09.09.2019].
- Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) (2018):** Urbaner Wirtschaftsverkehr. Online unter: https://www.starterset-elektromobilität.de/content/3-Infothek/3-Publikationen/11-urbaner-wirtschaftsverkehr/180206_21x21_brosch-re_wirtschaftsverkehr_ansicht-1.pdf [09.09.2019].
- ndr.de (2019):** Reederei Colorline ist Landstrom in Deutschland zu teuer. Online unter: <https://www.ndr.de/nachrichten/schleswig-holstein/Reederei-Colorline-ist-Landstrom-in-Deutschland-zu-teuer,landstrom180.html> [09.09.2019].
- Ostseestaal GmbH (2018):** Aktuelle Entwicklungen in der Elektromobilität in der Berufsschiffahrt am Beispiel von realisierten Projekten. Online unter: <https://gruenering-leipzig.de/wp-content/uploads/2018/06/schillinger-ostseestaal-gmbh.pdf> [09.09.2019].
- ParcelLock (2019):** ParcelLock – Empfangen Sie Pakete flexibel – Die öffentliche Paketstation für alle Paketdienste. Online unter: <https://www.parcellock.de/> [09.09.2019].
- Prognos (2018):** Einführung von Automatisierungsfunktionen in der PKW-Flotte. Auswirkungen auf Bestand und Sicherheit. Online unter: https://www.adac.de/-/media/pdf/motorwelt/prognos_automatisierungsfunktionen.pdf?la=de-de&hash=D0B9F266EADAEAE34CFOC459F919F1EAD29A8B70 [09.09.2019].
- Prümm, D./Kauschke, P./Pelseler, H. (2017):** Aufbruch auf der letzten Meile - Neue Wege für die städtische Logistik. Online unter: <https://www.pwc.de/de/transport-und-logistik/pwc-studie-aufbruch-auf-der-letzten-meile.pdf> [09.09.2019].
- R+V (2017):** Investition in die Mobilität der Zukunft: R+V startet Forschungsprojekt zum autonomen Fahren auf dem Flughafen Frankfurt. Online unter: <https://www.ruv.de/presse/presse-mitteilungen/20171020-ruv-autonomes-fahren> [09.09.2019].
- Reichel, J. (2017):** City-Logistik: BIEK-Studie sieht Lastenrad vor Elektro- und Diesel-Transporter. Online unter: <https://logistra.de/news/nfz-fuhrpark-lagerlogistik-intralogistik-city->

logistik-biek-studie-sieht-lastenrad-vor-elektro-und-diesel-transporter-13131.html
[09.09.2019].

Rothfuchs, K./Engler, P. (2018): Das öffentliche Interesse muss die Entwicklung bestimmen! Auswirkungen des autonomen Fahrens aus Sicht der Verkehrsplanung – einige Thesen und zahlreiche offene Fragen. Straßenverkehrstechnik 8/2018. Online unter: https://www.argus-hh.de/wp-content/uploads/2018/09/Stra%c3%9fenverkehrstechnik_2018-09-11.pdf [24.05.2019].

Salzburg Research (2016): Erster selbstfahrender Bus in Salzburg. Online unter: <https://www.salzburgresearch.at/presseaussendung/erster-selbstfahrender-bus-in-salzburg-autonomerminibus/> [09.09.2019].

Sawall, A. (2019): Intelligente Straße des 17. Juni in Berlin. Online unter: <https://www.golem.de/news/5g-intelligente-strasse-des-17-juni-in-berlin-1903-140053.html> [24.05.2019].

Schäfer, A. (2017): Lüneburg: Elektro-Fahrzeuge haben Vorfahrt. Online unter: <https://www.landeszeitung.de/blog/lokales/585172-elektro-fahrzeuge-haben-vorfahrt> [09.09.2019].

Siemens (2017): Weltweit erstes Elektroschiff für die Fischzucht geht in Norwegen in Betrieb. Online unter: [https://press.siemens.com/global/de/pressemitteilung/weltweit-erstes-elektroschiff-fuer-die-fischzucht-geht-norwegen-betrieb?content\[\]=PD](https://press.siemens.com/global/de/pressemitteilung/weltweit-erstes-elektroschiff-fuer-die-fischzucht-geht-norwegen-betrieb?content[]=PD) [09.09.2019].

Specht, M. (2018): Ohne Fahrer durchs Parkhaus. Online unter: <https://www.zeit.de/mobilitaet/2018-04/autonomes-parken-volkswagen-airport-hamburg-test> [24.05.2019].

Spirkl, K. (2017). City-Logistik: Rewe testet Nachtbelieferung. Online unter: <https://www.verkehrsrundschau.de/nachrichten/city-logistik-rewe-testet-nachtbelieferung-1950589.html> [09.09.2019].

Stadt Brandenburg an der Havel (2015): Verkehrsentwicklungsplan Fortschreibung 2015 – Verkehrsanalyse und Leitbild „Verkehr und Umwelt“. Online unter: https://www.stadt-brandenburg.de/fileadmin/pdf/66/Verkehrsentwicklungsplan_Bericht_Verkehrsanalyse.pdf [05.08.2019].

Stadt Brandenburg an der Havel (2016a): Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept Brandenburg an der Havel. Online unter: https://www.stadt-brandenburg.de/fileadmin/pdf/60_Stadtentwicklung/Klimaschutz/Klimaschutzkonzept_der_Stadt_Brandenburg_an_der_Havel.pdf, Stand 2013 [05.08.2019].

Stadt Brandenburg an der Havel (2016b): Tourismuskonzept Brandenburg an der Havel. Online unter: https://www.stadt-brandenburg.de/fileadmin/pdf/Pressestelle/Presseinformationen/Tourismuskonzept_2016_Brandenburg_an_der_Havel.pdf [05.08.2019].

Stadt Brandenburg an der Havel (2018): Wirtschaftsbericht 2018. Online unter: <https://www.stadt-brandenburg.de/fileadmin/pdf/80/wirtschaftsbericht/Wirtschaftsbericht2018.pdf> [05.08.2019].

Stadt Brandenburg an der Havel (2018a): Brandenburg an der Havel in Zahlen. Online unter: <https://www.stadt-brandenburg.de/stadt/stadtportrait/die-stadt-in-zahlen/> [05.08.2019].

- Stadt Brandenburg an der Havel (2018b):** Fortschreibung INSEK 2018 - Integriertes Stadtentwicklungskonzept der Stadt Brandenburg an der Havel. Online unter: https://www.stadt-brandenburg.de/fileadmin/pdf/60_Stadtentwicklung/Fortschreibung_INSEK_2018/2018_06_12_INSEK_SVV-Beschluss_gesamt.pdf [05.08.2019].
- Stadt Brandenburg an der Havel (2018c):** Verkehrsentwicklungsplan 2018 (VEP) – Verkehrsstrategie und Maßnahmenkonzept 2030. Online unter: https://www.stadt-brandenburg.de/fileadmin/pdf/66/750_Verkehrsentwicklungsplan_Abschlussbericht_2019_12_20.pdf [05.08.2019].
- Stadt Brandenburg an der Havel (2019a):** Brandenburger Statistik aktuell. Statistische Kurzinformation. Stand: 03/2019. Online unter: <https://www.stadt-brandenburg.de/fileadmin/pdf/12/StatAktMonat.pdf> [05.08.2019].
- Stadtverwaltung Brandenburg an der Havel (2019b):** Aktionsplan Lärminderung Stufe 3 Brandenburg an der Havel. Online unter: https://www.stadt-brandenburg.de/fileadmin/pdf/66/750_LAP_Bericht_2019-02-07.pdf [05.08.2019]
- Statistisches Bundesamt (2018):** Bautätigkeit und Wohnen. Bestand an Wohnungen 12/2018
- Stuttgart, I. R. (2015):** Kurzstudie Innenstadtlogistik Stuttgart - Räumliche Wechselwirkungen am Beispiel des Einsatzes von Lastenrädern in der Paketzustellung, Stuttgart:
- Umweltbundesamt (2014):** E-Rad macht mobil – Potentiale von Pedelecs und deren Umweltwirkung, Dessau-Roßlau.
- Verkehrsbetriebe Brandenburg an der Havel GmbH (2018):** Qualitätsbericht 2018. Online unter <https://vbbr.de/pub/print/Flyer-download/Qualitaetsbericht/Qualitaetsbericht2018.pdf#page=12> [11.2019]
- Verkehrsverbund Rhein-Neckar (VRN) (2017):** Die Zukunft der Mobilität in Mannheim. Autonomer Bus fährt im Rahmen des Neujahrempfangs der Stadt Mannheim rund um den Wasserturm. Online unter: <https://www.vrn.de/verbund/presse/pressemitteilungen/pm/003249/index.html> [09.09.2019].
- vision-mobility.de (2018):** Das Parkhaus als autonome Serviceoase. Online unter: <https://vision-mobility.de/fachmagazin/fachartikel/konnektivitaet-autonomes-parken-das-parkhaus-als-autonome-serviceoase-1274.html> [24.05.2019].
- Vogt, M./Fels, K. (2017):** Bedarfsorientierte Ladeinfrastruktur aus Kundensicht – Handlungsempfehlungen für den flächendeckenden Aufbau benutzerfreundlicher Ladeinfrastruktur. Ergebnispapier 35 der Begleit- und Wirkungsforschung Elektromobilität. Ergebnispapier 35.
- Wanner, C. (2016):** Die Idee des City-Hubs wird wiederbelebt. Online unter: <https://www.dvz.de/rubriken/logistik/detail/news/die-idee-des-city-hubs-wird-wiederbelebt.html> [09.09.2019].
- wiwo.de (o.J.):** Wie autonome Autos die Stadt der Zukunft prägen. Online unter: <https://www.wiwo.de/technologie/mobilitaet/stadtplanung-nie-wieder-parkplatzpanik/20325698-2.html> [24.05.2019].
- Zeit.de (2017):** Autonomer Bus pendelt in Niederbayern. Online unter: <http://www.zeit.de/mobilitaet/2017-10/deutsche-bahn-autonomes-fahren-bus-oePNV-bad-birnbach> [09.09.2019].

Zengerling, C. (2017): e-Quartier Hamburg Elektromobilität in urbanen Wohnquartieren. Rechtsgutachten. Online unter: https://www.hcu-hamburg.de/fileadmin/documents/Professoren_und_Mitarbeiter/Cathrin_Zengerling/Rechtsgutachten_e-Quartier_Hamburg_Langfassung.pdf [09.09.2019].

Zukunftsnetz Mobilität NRW (2017): Kommunale Stellplatzsatzung - Leitfaden zur Musterstellplatzsatzung NRW. Online unter: https://www.zukunftsnetz-mobilitaet.nrw.de/sites/default/files/downloads/znm_nrw_stellplatzsatzung_handbuch_rz_170809_web.pdf [09.09.2019].

Zweirad-Industrie-Verband (2018a): Pressemitteilung: Zahlen-Daten-Fakten zum Deutschen E-Bike-Markt 2017. E-Bikes mit Rekordzuwächsen. Bad Soden, 13.03.2018. Online unter: https://www.ziv-zweirad.de/fileadmin/redakteure/Downloads/Marktdaten/PM_2018_13.03._E-Bike-Markt_2017.pdf [09.09.2019].

Zweirad-Industrie-Verband (2018b): Pressemitteilung: Zahlen-Daten-Fakten zum Deutschen Fahrradmarkt 2017. Umsätze der Branche im Jahr 2017 erneut gestiegen. Bad Soden. 13.03.2018. Online unter: https://www.ziv-zweirad.de/fileadmin/redakteure/Downloads/Marktdaten/PM_2018_13.03._Fahrradmarkt_und_E-Bike_Markt_2017.pdf [09.09.2019].

