



FABIAN SCHUBERT

Ladeinfrastruktur im urbanen Kontext

Verortung im Sinne einer gesunden und nachhaltigen Mobilität am Beispiel des Klausenerplatz-Kiez

MASTERARBEIT

12. Januar 2021

Masterarbeit

Abgabedatum: 12.01.2021

Lehrveranstaltung: Integrierte Verkehrsplanung

Autor: Fabian Schubert

Matrikelnummer: 350466

Studiengang: Wirtschaftsingenieurwesen

Erstgutachter: Maximilian Hoor

Zweitgutachter: Carolin Kruse

Berlin, Januar 2021

Technische Universität Berlin
Fakultät Verkehrs- und Maschinensysteme
Institut für Land- und Seeverkehr

Herausgeber:

Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung
Leitung: Prof. Dr. Oliver Schwedes

Sekr. SG 4, Salzufer 17 – 19, 10587 Berlin
Telefon: +49 (0)30 314-78767
Sekretariat: +49 (0)30 314-25145
Telefax: +49 (0)30 314-27875
oliver.schwedes@tu-berlin.de

www.ivp.tu-berlin.de

© TU Berlin Alle Rechte vorbehalten

Disclaimer:

Die in dieser Thesis gewählte männliche Form bezieht sich immer zugleich auf weibliche und männliche Personen. Es wird der Begriff „Ladeinfrastruktur“ verwendet. Ladeinfrastruktur ist im Kontext der Elektromobilität ein gängiger Begriff und bezeichnet demnach die elektrische Ladeinfrastruktur für Elektroautos. Ist die Ladeinfrastruktur begrifflich nicht weiter spezifiziert, handelt es sich in dieser Thesis um eine öffentliche Ladeinfrastruktur.

Zusammenfassung

Der Hochlauf der E-Mobilität schreitet voran. Entsprechend ist der Ausbau einer öffentlichen Ladeinfrastruktur für Elektroautos notwendig. Welche Merkmale die Standorte aufweisen sollten, ist jedoch nicht eindeutig geklärt. Im Sinne einer integrierten Verkehrsplanung sollte durch den Ladeinfrastrukturaufbau auch eine nachhaltige und aktive Mobilität gefördert werden, um die Attraktivität des motorisierten Individualverkehrs (MIV) nicht weiter zu zementieren. Mit Fokus auf infrastrukturelle Maßnahmen mit einer verkehrslenkenden Wirkung werden in dieser Arbeit Standortmerkmale für die Verortung von Ladeinfrastruktur in urbanen Räumen unter den Zielstellungen einer integrierten Verkehrsplanung aufgezeigt und konzeptionell auf ein Untersuchungsgebiet angewendet. Durch Literaturrecherche konnten eine Bündelung von öffentlicher Ladeinfrastruktur und die Verknüpfung mit dem Umweltverbund (ÖPNV, Rad- und Fußverkehr) als zielführende Maßnahmen identifiziert werden. Die Ergebnisse qualitativer Experteninterviews unterstützen diese Ansätze. Jedoch befinden sich Verortungsstrategien in einem hochdynamischen Feld und werden u.a. durch eine hohe Flächenkonkurrenz und die Stromnetzkapazität beschränkt. Die Ergebnisse zeigen, dass hybride Strategien, bestehend aus einzeln verorteten Lademöglichkeiten und einer gebündelten Infrastruktur, realistische Ansätze sind. Eine Verkehrslenkung durch infrastrukturelle Maßnahmen ist eher nicht zu erwarten. Der Fokus sollte vielmehr auf Veränderungen des Mobilitätsverhaltens der Menschen gelegt werden.

Abstract

As electric vehicle adoption grows, the expansion of public charging infrastructure has become increasingly important. However, it is not yet clear which features the charging locations should have. From an integrated transport planning (ITP) perspective, the development of charging infrastructure should also promote sustainable and active mobility and further reduce the attractiveness of motorised private vehicle transport. This thesis uses a geographical sampling area to review the characteristics of the urban locations used for public charging stations, focusing on infrastructural measures that have traffic-guiding effects and are in accordance with ITP objectives. Literary research identified the bundling of public charging stations and the harmonisation with eco-modes of transport (public transport, cycling, walking) as important measures. Qualitative expert interviews support these approaches. However, location strategies are in a highly dynamic field and limited by competition for space and power grid capacity. The results show that hybrid strategies consisting of individual located charging points and a bundled infrastructure are realistic approaches. Additionally, it appears that the focus of traffic control should be on changing people's mobility behaviour instead of on infrastructural measures which are unlikely to have a significant effect.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Problem- und Zielstellung.....	1
1.2	Aufbau.....	2
2	Stand der Forschung	4
2.1	Integrierte Verkehrsplanung.....	4
2.2	Elektromobilität.....	9
2.3	Nachhaltige Mobilität.....	18
2.4	Aktive und gesunde Mobilität	23
3	Stand der Umsetzung	30
3.1	Fallbeispiel Oslo.....	30
3.2	Fallbeispiel Amsterdam.....	33
3.3	Fallbeispiel München	36
4	Zwischenfazit.....	40
5	Forschungsdesign.....	43
5.1	Methodenwahl.....	43
5.2	Auswahl der Experten	45
5.3	Empirische Durchführung	47
6	Ladeinfrastruktur des Forschungsfeldes	48
6.1	Untersuchungsgebiet Klausenerplatz-Kiez	48
6.2	Analyse der Ladeinfrastruktur.....	53

7	Diskussion.....	58
7.1	Netzstruktur.....	58
7.2	Synergieeffekte durch integrierte Ladeinfrastruktur	65
8	Fazit.....	75
9	Literaturverzeichnis	78
10	Anhang.....	87

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gestaltungsdimensionen – Ableitung und Einordnung im System Verkehr (in Anlehnung an Schwedes & Rammert et al. 2020: 9)	5
Abbildung 2: Zirkulärer Gestaltungsprozess (in Anlehnung an Schwedes & Rammert et al. 2020: 3)	6
Abbildung 3: Ladesäulenkonfigurationen mit und ohne Lastmanagement (NKL 2019: 10) ..	13
Abbildung 4: Das Systemmodell einer nachhaltigen Mobilität (eigene Darstellung)	22
Abbildung 5: Modal Split des Bezirks Charlottenburg-Wilmersdorf (Gerike & Hubrich et al. 2019: Tab 5.3)	49
Abbildung 6: Erschließung des Klausenerplatz-Kiezes durch öffentliche Verkehrsmittel und der Stadtautobahn (eigene Darstellung)	50
Abbildung 7: Verkehrsmengen - Anzahl der Kraftfahrzeuge je 24 Stunden inklusive Lkw, Motorräder und Busse (DTV) (Umweltatlas Berlin / [Verkehrsmengen 2014])	51
Abbildung 8: Verkehrsanlagen im Detailnetz von Berlin (Geoportal Berlin / [Detailnetz Berlin])	52
Abbildung 9: Suchräume für E-Auto-Ladestationen im Rahmen des Standortaufbaus nach dem Berliner Modell in der Aufbauphase von 2015 bis 2016 (Geoportal Berlin / [Suchräume zur Erweiterung der Ladeinfrastruktur für Elektroautos])	54
Abbildung 10: Vorhandene Ladesäulen für Elektroautos (in Anlehnung an SenWiEnBe 2020)	56
Abbildung 11: Potentielle Standorte gebündelter Ladeinfrastruktur (eigene Darstellung verändert nach OpenStreetMap contributors)	63
Abbildung 12: Potentielle Standorte für die Kombination von Ladeinfrastruktur mit multimodalen Verkehrsangeboten (eigene Darstellung verändert nach OpenStreetMap contributors)	70
Abbildung 13: Potentielle Standorte für Schnellladeinfrastruktur (eigene Darstellung verändert nach OpenStreetMap contributors)	73
Abbildung 14: Ausbaupotential für benötigte Ladeinfrastruktur (Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG 2020)	93
Abbildung 15: Prognostiziertes Ausbaupotential für benötigte Ladeinfrastruktur im Jahr 2022 (Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG 2020)	93

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Indikatoren zur Identifikation von Suchräumen für den Aufbau von Ladeinfrastruktur (in Anlehnung an DIN 2020: 34)	14
Tabelle 2: Positive und negative Standortmerkmale für die Verortung von Ladeinfrastruktur (DIN 2020: 34 f.).....	16
Tabelle 3: Klassifizierung von Interviews nach ihrer Standardisierung (in Anlehnung an Gläser & Laudel 2006: 39).....	43
Tabelle 4: Befragter Expertenkreis (eigene Darstellung).....	46

Abkürzungsverzeichnis

AC	Alternating Current (Wechselstrom)
BNetzA	Bundesnetzagentur
CPO	Charge Point Operator
DC	Direct Current (Gleichstrom)
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
LOR	Lebensweltlich orientierte Räume
LSV	Ladesäulenverordnung
MIV	Motorisierter Individualverkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PLR	Planungsraum
POI	Point of Interest

1 Einführung

1.1 Problem- und Zielstellung

Der Hochlauf der Elektromobilität steht auch in Deutschland bevor. Elektroautos werden staatlich gefördert und die Ladeinfrastruktur wird folglich ausgebaut. Gleichzeitig werden die gesellschaftlichen Bestrebungen nach einer nachhaltig gestalteten Zukunft mit stark reduzierten Emissionen, qualitativ hochwertigen urbanen Lebensräumen mit wenig Lärm- und Schadstoffbelastungen sowie einer ausbalancierten Flächeninanspruchnahme zunehmend größer (vgl. UBA 2020; BMU 2020).

Zudem ist die Diskussion, die urbanen Stadtstrukturen durch aktive und gesunde Mobilität sowie eine Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) attraktiver zu gestalten, hoch brisant und aktuell (vgl. Agora Verkehrswende 2020b). Gesundheitliche Aspekte, die durch den technologischen Fortschritt auch negativ beeinflusst werden, sind weiterhin problematisch und können durch die Förderung und Integration der Nahmobilität¹ adressiert werden (vgl. WELT 2018). Im Ergebnis werden somit nicht nur die nutzbaren städtischen Lebensräume erweitert und verbessert, sondern auch die physische Aktivität und Gesundheit der Bevölkerung gesteigert (vgl. VCÖ 2015: 1).

Das Großsystem Verkehr nimmt Einfluss auf all diese Faktoren. Ein zentraler Bestandteil ist die dazu benötigte Infrastruktur. Diese steht im engen Zusammenhang und in Wechselwirkung mit dem Verkehr als Prozess und der Mobilität als subjektiven Möglichkeitsraum der Menschen. Sie gibt einen Rahmen für Prozesse vor und kann die Mobilität beeinflussen (vgl. Schwedes & Rammert 2020b: 36). Da Elektroautos von den Ladepunkten zur Energieaufnahme abhängig sind, könnten diese über eine entsprechende Infrastruktur als Steuerungsmechanismus genutzt werden. Problematisch ist vor allem eine unkontrollierte Verortung von Ladesäulen im öffentlichen Raum vor dem Hintergrund eines stetig steigenden Verkehrsaufkommens.

Ziel dieser Arbeit ist es zu bestimmen, wo die Lademöglichkeiten im öffentlichen Raum im Sinne einer integrierten, nachhaltigen und urbanen Stadtstruktur verortet werden könnten. Einer vereinzelt Verortung von vielen Lademöglichkeiten steht eine gebündelte, zentral angebotene Ladeinfrastruktur mit weniger Standorten gegenüber, um das Verkehrsgefüge in gewisser Weise zielführend zu ordnen. Es soll insbesondere geprüft werden, ob die Bündelung von Ladeinfrastruktur als eine verkehrslenkende

¹ Die Nahmobilität bezieht sich auf kurze Distanzen, die infolgedessen mit dem Fahrrad oder zu Fuß zurückgelegt werden (vgl. Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen 2020).

Maßnahme für die Reduzierung des MIV in Frage kommt und ob auch eine gesunde Mobilität für die sogenannte letzte Meile² dadurch gefördert werden kann.

Dafür bedarf es der Ermittlung von Standortmerkmalen für eine öffentliche Ladeinfrastruktur. Diese werden hier als Merkmale verstanden, welche den Ort zum einen als sinnvollen Standort charakterisieren, Szenarien der Nutzung und damit die nähere Ausgestaltung der Infrastruktur bestimmen und zum anderen die Bevölkerung zur Nutzung dieser Standorte motivieren. Es muss geklärt werden, welche Vorteile ein bestimmter Standort gegenüber einem beliebig anderen hat, wie dieser also im Kontext einer integrierten, nachhaltigen und gesunden Mobilität in den Raum passt.

Bei der näheren Ausgestaltung der Standorte stellt sich die Frage, wie diese technisch-infrastrukturell ausgestattet sein sollten. Zu klären ist somit, ob eine Konfiguration mit Normal- oder Schnellladesäulen bzw. diese kombiniert angestrebt werden sollte, wie groß der technische Möglichkeitsraum ist und welche Rolle die Multimodalität bei den Standorten spielt. Diese Faktoren können einen entscheidenden Einfluss bei dem Mobilitätsverhalten der Menschen ausüben. Im Ergebnis sollen dadurch verkehrslenkende Wirkungen hin zu mehr Umweltverbund und weniger MIV erzielt werden, um die Verkehrswende zu unterstützen und den Fokus auf eine aktive Mobilität zu lenken. Dabei wird der Fokus auf infrastrukturelle Maßnahmen gelegt.

1.2 Aufbau

Die Arbeit lässt sich grundlegend in drei Teile gliedern. In Kapitel 2 wird der Stand der Forschung umrissen und ein thematischer Überblick aller für die Arbeit relevanten Teile gegeben. Dadurch soll das Verständnis für eine gesunde, nachhaltige und integrierte Mobilität geschaffen sowie wichtige Standortmerkmale und Grundlagen der Ladeinfrastruktur für Elektroautos erläutert werden.

Darauf basierend werden in Kapitel 3, dem Stand der Umsetzung, drei ausgewählte Städte auf ihre Ladeinfrastruktur im öffentlich zugänglichen Raum sowie deren Verortungsstrategien hin untersucht. Für die Städte lagen folgende Auswahlkriterien zugrunde:

- die Anzahl vorhandener Elektroautos
- die Anzahl vorhandener öffentlicher Ladepunkte
- das Verhältnis von öffentlichen Ladepunkten zu Einwohnern
- das Verhältnis von Elektroautos zu öffentlichen Ladepunkten

² Die letzte Meile bezeichnet das letzte Stück einer Wegekette, das durch nachhaltige Mobilitätsformen wie dem Rad- oder Fußverkehr zurückgelegt werden kann (vgl. Haas Christine 2018). Ein typisches Beispiel ist der Weg von der ÖPNV-Haltestelle zum Wohnort.

- die Existenz von Strategien und Vorhaben zur gesunden, nachhaltigen und aktiven Mobilität
- die Förderung der Elektromobilität durch Subventionen

Die Ergebnisse werden in einem Zwischenfazit dargestellt und vorhandene Forschungslücken ermittelt. Weitere Erkenntnisse sollen durch qualitative Experteninterviews gewonnen werden, um daraus Implikationen für eine integrierte öffentliche Ladeinfrastruktur für urbane Räume ableiten zu können.

In den Kapiteln 6 und 7 wird die qualitative Erhebung durchgeführt. Die Erkenntnisse werden auf ein ausgewähltes Untersuchungsgebiet in Berlin angewendet und diskutiert.

2 Stand der Forschung

Da sich die Verortungsthematik in dieser Arbeit in einem integrierten Kontext befindet ist es von Bedeutung, die integrierte Verkehrsplanung als übergeordneten Handlungsrahmen grundlegend zu umreißen und den Begriff der Mobilität zu erläutern. Anschließend werden die Grundzüge der Elektromobilität mit einem Fokus auf der Ladeinfrastruktur für elektrifizierte Fahrzeuge dargestellt. So können erste Standortmerkmale für eine öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur aus der Forschung und darauf basierende Kriterien aus der Praxis aufgezeigt werden. Für den weiteren Verlauf dieser Arbeit wird eine nachhaltige Mobilität im Allgemeinen und eine aktive Mobilität im Speziellen erläutert.

2.1 Integrierte Verkehrsplanung

Der Verkehr kann im deutschen Sprachgebrauch nicht nur als ein Prozess, sondern auch als ein technisches Großsystem verstanden werden (vgl. Schwedes & Rammert 2020b: 8). Auf abstrakter Ebene existieren in solchen Systemen verschiedene, teils heterogene Elemente. Jedes Element bedarf für einen sachgemäßen Umgang eines gewissen Expertenwissens. Dadurch bilden sich voneinander abgegrenzte Teildisziplinen heraus. Diese stehen jedoch in direkter oder indirekter Wechselwirkung zueinander.

Im Fall des Großsystems Verkehr können zwei übergeordnete Expertengruppen identifiziert werden. Das sind zum einen die Wirtschaftswissenschaftler, welche sich mit dem Verkehr u.a. als wirtschaftlichen Treiber und dem damit verbundenen Verkehrsaufkommen beschäftigen. Zum anderen sind die Ingenieure zu nennen, welche die infrastrukturellen Rahmenbedingungen schaffen (vgl. ebd.: 8). Mit der Zeit haben sich darunter verschiedene Teildisziplinen mit ihren spezifischen Experten gebildet und ausdifferenziert. Das Resultat in der klassischen Verkehrsplanung ist ein zersplittertes Gesamtsystem mit trennscharfen Zuständigkeitsbereichen. Dies ist insbesondere aus einem gesellschaftlichen Blickwinkel problematisch, da ein solch dynamisches System als Ganzes nicht mehr adäquat betrachtet und in seiner Entwicklung zielführend gesteuert werden kann. Konkret macht sich diese Separation in der getrennt voneinander geführten Verkehrsträgerplanung bzw. im organisierten Verwaltungsapparat bemerkbar (vgl. ebd.: 9 f.).

Diesen Zustand versucht die integrierte Verkehrsplanung aufzubrechen. Gerade für das Ziel einer nachhaltigen, gesunden und aktiven Mobilität, wie sie gesellschaftlich angestrebt und in den folgenden Kapiteln erläutert wird, ist eine integrierte und somit verkehrsträgerübergreifende Planung erforderlich. Für den Verkehr der Zukunft dürfen nicht nur ökonomische und verkehrsflussberücksichtigende Faktoren eine zentrale Rolle spielen, sondern auch soziale, ökologische, kulturelle und auf die

Lebensqualität der Menschen hin ausgerichtete Aspekte müssen mit gleichem Maße in das Planungsgeschehen einfließen (vgl. Beckmann 2001: 270).

Dies lässt erahnen, dass sich die integrierte Verkehrsplanung durch den Einbezug verschiedener Disziplinen zu den klassischen Planungsbereichen auch auf Ebenen wie der politischen wiederfinden muss. Insgesamt lassen sich drei übergeordnete Integrationsfelder ausmachen. Zum einen das vertikal/horizontale Feld. Föderale Ebenen und räumliche Grenzen, welche sich nicht gegenseitig abgrenzen dürfen, müssen eine gemeinnützige Entscheidungsfindung ermöglichen können. Bei der sektoralen Integration müssen die unterschiedlichen Disziplinen, wie z.B. Stadtgestaltung, Soziales oder Wirtschaftsförderung, kooperativ miteinander zusammenarbeiten. Zudem gilt es alle Schritte auf Ebene der Akteure abzustimmen und die Gesellschaft mit einzubeziehen. Durch die Abstimmung und Kooperation zwischen der politischen und planerischen Ebene sowie der gesellschaftlichen Teilhabe am Planungsprozess und der verkehrsträgerübergreifenden Betrachtung kann somit die Basis für eine integrierte Verkehrsplanung geschaffen werden (vgl. Schwedes & Rammert 2020: 17).

Grundlegend für die integrierte Verkehrsplanung sind die in Abbildung 1 dargestellten Gestaltungsdimensionen Infrastruktur, Verkehr und Mobilität innerhalb des Systems Verkehr. „[Die Infrastruktur wird dabei als] räumliche Ausprägung der Ortsveränderungsmöglichkeiten [...], [der Verkehr] als zeitliche Ausprägung der realisierten Ortsveränderungen [...][und] die Mobilität als subjektive Ausprägung der Ortsveränderungsmöglichkeiten [definiert]“ (Schwedes & Rammert et al. 2020: 9).

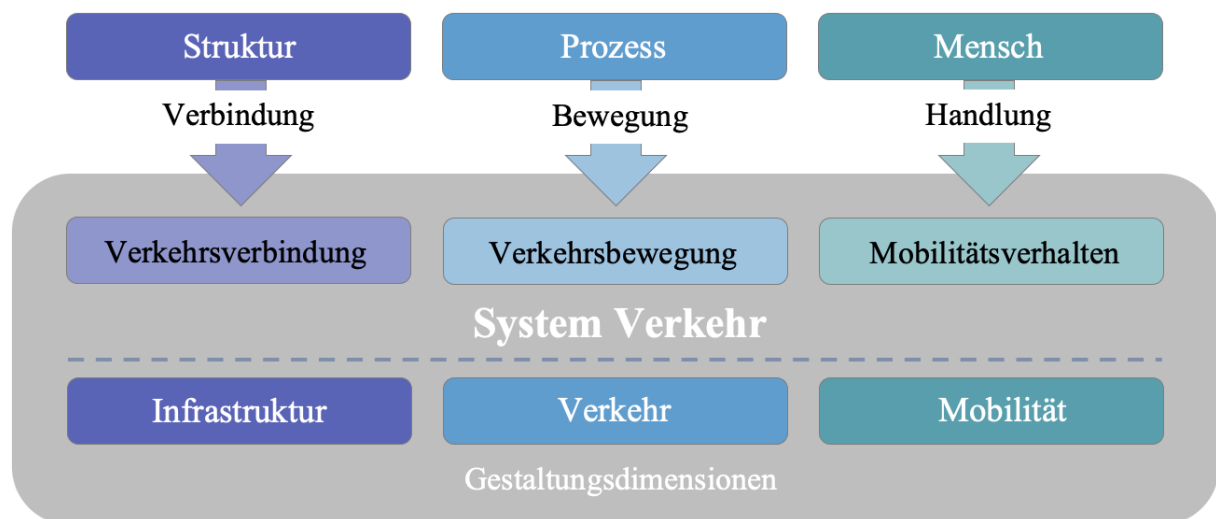


Abbildung 1: Gestaltungsdimensionen – Ableitung und Einordnung im System Verkehr (in Anlehnung an Schwedes & Rammert et al. 2020: 9)

Den Dimensionen der integrierten Verkehrsplanung liegen normative Annahmen zu Grunde. Dies wird auch als normative Integration bezeichnet und ist notwendig, um ein ganzheitlich abgestimmtes Ziel für

die Planung zu erstellen. Damit sind politisch-gesellschaftlich legitimierte Leitbilder gemeint, die einen gewissen Fahrplan vorgeben und eine Operationalisierung möglich machen (vgl. Schwedes & Rammert 2020b: 26 ff.).

Wie in Abbildung 2 zu sehen, werden alle Dimensionen über einen zirkulären Gestaltungsprozess integriert. Auf der strategischen Ebene findet die Planung statt, welche die zuvor definierten Leitbilder über Zielkriterien, darauf basierenden Strategien und den dafür erforderlichen Maßnahmen für das Management operationalisiert. Das Infrastruktur-, Verkehrs- und Mobilitätsmanagement entwickelt und implementiert Maßnahmen auf operativer Ebene. Jedoch sollten diese auf Basis einer Strategie entstehen und nicht umgekehrt. Denn sonst besteht die Gefahr, dass die Maßnahmen zu einem unerwünschten Gesamtergebnis führen, da kein klares und richtungweisendes Leitbild vorhanden ist. Maßnahmen werden in der kontextualisierenden Ebene durch Wirkungskontrollen und eine abschließende Wirkungsabschätzung für die zukünftige Planung evaluiert. Durch diesen Kreislauf soll eine in sich schlüssige und integrierte Verkehrsplanung erreicht werden.



Abbildung 2: Zirkulärer Gestaltungsprozess (in Anlehnung an Schwedes & Rammert et al. 2020: 3)

In der integrierten Verkehrsplanung wird besonderes Augenmerk auf das Mobilitätsmanagement gelegt. Dafür ist es notwendig, den Begriff der Mobilität zu definieren. Sie beschreibt den möglichen Raum, in dem ein Individuum oder Kollektiv seinen Ort wechseln kann. Dabei handelt es sich auch um die Möglichkeiten an der Gesellschaft teilzuhaben. Mobilität beinhaltet somit einen sozialen Aspekt. Es handelt sich also nicht, wie missverständlich oft angenommen wird, um die tatsächlichen Ortsveränderungen. Diese werden mit dem Verkehr als Prozess beschrieben (vgl. Schwedes & Rammert 2020a: 20).

Das Mobilitätsmanagement beschäftigt sich mit der subjektiven Wahrnehmung der Mobilität von Menschen und der Verkehrsmittelwahl. Es ist als eigenständiges Feld zu betrachten. Allerdings existieren weitreichende Wechselwirkungen zwischen allen Dimensionen. Die klassische Verkehrsplanung befasst sich meist ausschließlich mit der Problematik, die wachsenden Verkehrsmengen immer weiter und schneller zu befördern und den Prozess zu optimieren. Dies entspricht einer Behandlung von Symptomen anstatt der Ursachen (vgl. Schwedes & Rammert 2020a: 1 f.). Bei einer Diskrepanz von normativen Grundsätzen und realem Mobilitätsverhalten der Menschen ist das Ziel des Mobilitätsmanagements, die subjektive Wahrnehmung von Ortsveränderungsmöglichkeiten zu verändern. Im Ergebnis kann somit eine Verhaltensänderung im Sinne des Leitbildes herbeigeführt werden. Konkret bringt dies eine Änderung der Verkehrsmittel- und Routenwahl mit sich. Auch, ob überhaupt eine Ortsveränderung durchgeführt wird, entscheidet sich durch das Mobilitätsverhalten (vgl. ebd.: 19).

Wichtiges Steuerungsprinzip im Mobilitäts-, Infrastruktur- und Verkehrsmanagement sind Push & Pull-Maßnahmen. Diese haben das Ziel, den Umweltverbund (ÖPNV, Rad- und Fußverkehr) zu stärken und die Attraktivität des MIV zu verringern. Pull-Maßnahmen sind jene, die Angebote schaffen oder erweitern und somit positive Anreize für ein bestimmtes Mobilitätsverhalten und eine entsprechende Verkehrsträgerwahl setzen. Das können erweiterte Stellplätze für Fahrräder oder auch Informationskampagnen für die Nutzung von Elektroautos oder dem ÖPNV sein (vgl. Bräuninger et al. 2012: 19 f.).

Die integrierte Verkehrsplanung unterstützt ein multimodales Verkehrsverhalten, welches durch die Schaffung von verkehrsmittelverknüpfenden Angeboten gefördert werden kann. Multimodalität bezieht sich in diesem Zusammenhang zunächst auf die Infrastruktur und meint unterschiedliche Modi der Raumüberwindung. Ein Verkehrssystem kann dann als multimodal bezeichnet werden, wenn es diese Modi miteinander verknüpft. Zudem gibt es in einem Verkehrssystem individuell wahrgenommene Optionen der Nutzenden. Multimodales Verkehrsverhalten liegt demnach dann vor, wenn aus einer individuellen Sicht heraus das entsprechend passende Verkehrsmittel zur Fortbewegung gewählt wird (vgl. Deffner & Hefter et al. 2014: 202). In der Literatur wird zudem zwischen Multi- und Intermodalität unterschieden. Eine multimodale Wegekette besteht dann, wenn die Verkehrsteilnehmenden in einem betrachteten Zeitraum verschiedene Verkehrsmittel nutzen und somit kombinieren. Intermodalität bedeutet, dass verschiedene Verkehrsmittel innerhalb eines Weges verwendet werden (vgl. BMVi 2018). Der Einfachheit halber wird für Konzepte der Verkehrsmittelverknüpfung in dieser Arbeit der Begriff Multimodalität verwendet. Als Pull-Maßnahmen mit multimodalem Charakter sind sogenannte Mobilitätsstationen- oder -punkte zu nennen. Diese kombinieren je nach Ausstattung verschiedene Mobilitätsangebote über eine räumlich konzentrierte Infrastruktur. Dabei können die einzelnen Infrastrukturelemente der verschiedenen Verkehrsmittel unabhängig voneinander sein. Ziel solcher

Stationen ist die Verlagerung des MIV auf den Umweltverbund durch alternative und passende Mobilitätsangebote, welche eine Mobilität ohne ein privates Auto möglich machen soll (vgl. Difu 2019).

Angebotsbezogenen Maßnahmen sind oft sehr akzeptanzabhängig, gerade im Bereich des Mobilitätsmanagements. Daher ist die Wirkung teils schwer abzuschätzen und oftmals nicht sehr groß. Da bei Pull-Maßnahmen politisch und in der Bevölkerung weniger Widerstand als bei der Durchführung von Push-Maßnahmen zu erwarten ist, sind diese jedoch relativ häufig vorzufinden. Push-Maßnahmen hingegen haben einen restriktiven Charakter und werden anfangs eher negativ wahrgenommen. Im Fall des Mobilitätsmanagements gibt es die Lenkungssteuer, bspw. eine Pkw-Maut, und ordnungspolitische Maßnahmen, wie die Parkraumbewirtschaftung oder Fahrverbote für Diesel-Pkw. Die positiven Konsequenzen sind oft indirekter Natur und erst später wahrnehmbar. Daher haben es Push-Maßnahmen auf der politischen Ebene schwer.

Die integrierte Verkehrsplanung appelliert, Push-Maßnahmen nicht zu vernachlässigen. Dabei müssen Pull-Maßnahmen jedoch weiterhin ergänzend und unterstützend wirken, um die Ziele einer nachhaltigen Mobilität erreichen zu können. Mithilfe von Push & Pull-Strategien können Fördermaßnahmen für eine gesunde und aktive Mobilität entwickelt werden. Diese gilt es, nach dem aktuellen Stand in den kommenden Kapiteln für ein besseres Verständnis zu beleuchten, um geeignete Standortmerkmale für eine urbane Ladeinfrastruktur ausmachen zu können.

2.2 Elektromobilität

Die Elektromobilität gilt als zentrales Element beim Umstieg auf eine klimafreundliche Mobilität. Dabei gibt es keine einheitliche Definition. Jedoch existiert ein gemeinsames Verständnis davon, was Elektromobilität ist. Scheurenbrand bedient sich eines holistischen Ansatzes, um die E-Mobilität in einem Satz zu beschreiben: "E-mobility (electric mobility) is a highly connective industry which focuses on serving mobility needs under the aspect of sustainability with a vehicle using a portable energy source and an electric drive that can vary in the degree of electrification" (Scheurenbrand & Engel et al. 2015: 25). Danach steht der Nachhaltigkeitsgedanke im Vordergrund. Auch betrifft die E-Mobilität keineswegs nur den Pkw. Sie beschreibt vielmehr ein Gesamtsystem bestehend aus verschiedenen Elementen.

Somit werden nach dem Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität (NEP) der Bundesregierung auch die dafür notwendige „[...] Energieversorgung sowie die Lade- und Verkehrsinfrastruktur in den Elektromobilitätsbegriff einbezogen [...]“ (BMU 2016). Eine Gemeinsamkeit aller Definitionen besteht in der elektrischen Energie als nachhaltige Antriebsquelle für die Fahrzeuge.

Der Fokus innerhalb dieser Arbeit betrachtet also mit der Verortung von Ladeinfrastruktur eine Komponente innerhalb des Systems „E-Mobilität“. Im Folgenden werden die Grundlagen für das notwendige Verständnis erläutert.

Begriffsbestimmung der Ladeinfrastruktur

Zunächst erfolgt eine genaue Bestimmung der Begriffe „Ladepunkt“ und „Ladesäule“. Ein Ladepunkt verbindet ein elektrifiziertes Fahrzeug mit dem Stromversorgungsnetz. Für die korrekte Strommengenerfassung kann ein Messsystem integriert sein. Der Ladepunkt ist demnach ein elektrischer Anschluss.

Ein Ladesäule wird durch folgende zusätzliche Merkmale charakterisiert und schließt Ladepunkte mit ein (vgl. Linnemann & Nagel 2020: 7)

- Information zur Position (Navigationsgeräte)
- Stellflächenanzahl
- Ladepunktanzahl
- Autorisierungs- und Abrechnungsmöglichkeit
- Art des Anschlusses
- nutzbare Ladeleistung.

Die Ladeinfrastruktur kann begrifflich nach den Ladestandorten klassifiziert werden (vgl. ebd. 17). Dadurch wird der Schwerpunkt dieser Arbeit bezüglich der Verortung deutlich und ein Verständnis für die Wirkungsmöglichkeiten und Zugänglichkeit der Ladeinfrastruktur im Gesamtbild geschaffen.

Eine private Ladeinfrastruktur steht ausschließlich Privatpersonen zur Verfügung und befindet sich auf privaten Grundstücken. Dementsprechend steht der Ladepunkt für die Öffentlichkeit nicht zur Verfügung. Zur Integration wird häufig auf eine Wallbox zurückgegriffen, die einen leistungsfähigeren Stromanschluss als eine Schukosteckdose besitzt. Die Installation erfolgt i.d.R. in Garagen oder an eigenen Stellplätzen. Da viele Innenstadtbewohner über keinen privaten Stellplatz verfügen, ist der Infrastrukturaufbau in dichten Innenstadtquartieren durch diese Klasse nur bedingt möglich.

Eine halb-öffentliche Ladeinfrastruktur, welche auch unter die Infrastruktur in öffentlich zugänglichen Räumen fällt, befindet sich meist ebenfalls auf privaten Grundstücken. Jedoch sind diese für die Öffentlichkeit nur in einem bestimmten Rahmen zugänglich. „[In der Ladesäulenverordnung (LSV) wird von einem halb-öffentlichen Ladepunkt gesprochen], wenn er sich entweder im öffentlichen Straßenraum oder auf privatem Grund befindet, sofern der zum Ladepunkt gehörende Parkplatz von einem unbestimmten oder nur nach allgemeinen Merkmalen bestimmbarer Personenkreis tatsächlich befahren werden kann“ (§ 2 Absatz 9 Satz 1 LSV). Beispiele hierfür sind Firmen- oder Kundenparkplätze.

Eine öffentliche Ladeinfrastruktur befindet sich im öffentlichen Straßenraum und ist für jeden Menschen frei zugänglich. Eine Besonderheit dieser Klasse sind die kommunalen Rahmenbedingungen und Bestimmungen beim Aufbau und Betrieb der Ladesäulen, an die sich alle beteiligten Akteure vertraglich binden und somit halten müssen. Dies offenbart auch eine Problematik des halb-öffentlichen Raumes. Hier existieren noch keine einheitlichen und raumübergreifenden Rahmenbedingungen, um eine interoperable Infrastruktur aufzubauen.

In dieser Arbeit wird der öffentlich zugängliche Raum betrachtet. Der Fokus liegt dabei auf der öffentlichen Ladeinfrastruktur. Aufgrund des integrierten verkehrsplanerischen Ansatzes wird der halb-öffentliche Raum bei Verortungskonzepten allerdings nicht gänzlich außer Acht gelassen. Die ökonomische Dimension ist jedoch aufgrund der privatwirtschaftlichen Ausrichtung der Akteure umso bedeutsamer. Dies befindet sich nicht im Blickfeld dieser Arbeit, weswegen die Bewertung von Standorten aus der Perspektive solcher Akteure nicht Gegenstand des Forschungsfeldes ist.

Akteure des Ladeinfrastrukturaufbaus

Um das System „Ladeinfrastruktur“ zu verstehen, werden nun wichtige Akteure im Kontext des Ladens von Elektroautos erläutert.

„[Der Ladesäulenbetreiber, oft auch als Charge Point Operator (CPO) bezeichnet, ist], wer unter Berücksichtigung der rechtlichen, wirtschaftlichen und tatsächlichen Umstände bestimmenden Einfluss auf den Betrieb eines Ladepunktes ausübt“ (§ 2 Absatz 12 Satz 1 LSV). In den Verantwortungsbereich des CPO zählen die Installation, Services und Wartung der Ladestationen. Zudem ist dieser für den an der Säule ladenden Endkunden kein Energielieferant, sondern selbst der Letztverbrauchende (§3 Absatz 25 EnWG).

Für die Lieferung des Stroms an andere Akteure bzw. zur Ladesäule ist der Energielieferant verantwortlich. Demnach muss zwischen dem Energielieferanten und dem CPO ein Vertragsabschluss bezüglich der Energiebelieferung vorliegen. Für gewöhnlich regeln die Verträge das Entgelt für die Belieferung mit Strom bis zur Abnahmestelle inklusive der Netznutzung. Dafür ist zusätzlich ein Vertrag mit dem Verteilnetzbetreiber notwendig. Diese sind für den Betrieb und die Wartung des Verteilnetzes zuständig (vgl. Linnemann & Nagel 2020: 39 f.).

Für die korrekte Messung des Stromverbrauchs an den Ladesäulen sind Messstellenbetreiber (MSB) verantwortlich. Diese sorgen für die genaue und eichrechtskonforme Erfassung des Stromverbrauchs für die Stromabrechnung. Durch die Eichrechtskonformität wird dem Endverbraucher ein bestimmtes Maß an Sicherheit und Qualität garantiert (vgl. ebd. 41 ff.).

Für den ordentlichen Betrieb der Ladeinfrastruktur und den diskriminierungsfreien Marktzugang ist die Bundesnetzagentur (BNetzA) als Regulierungsbehörde in der Verantwortung. Basierend auf der LSV ist die BNetzA als kontrollierendes Organ für die Kontrolle der Einhaltung von technischen Vorgaben zuständig und kann die Betriebserlaubnis für Ladesäulen entziehen (vgl. ebd. 45 f.).

Kommunale Einrichtungen öffentlicher Verwaltungen geben einen Teil des gestalterischen und organisatorischen Rahmens beim Aufbau der Ladeinfrastruktur vor. So werden die planerischen Aktivitäten in Berlin vom Ladeinfrastrukturbüro (LIB) koordiniert. Die Bezirksämter erteilen konkrete Sondernutzungserlaubnisse für Ladesäulen oder bearbeiten die Anträge für Baumaßnahmen (vgl. SenUVK 2014: 3). Sie prüfen und genehmigen somit die beantragten Standorte. Dafür basiert der Aufbau von Ladesäulen im öffentlichen Raum in den Bundesländern auf kommunalen Ladeinfrastruktur- bzw. Standortkonzepten (vgl. DIN 2020: 26).

Da neben den landeseigenen Verortungsaufträgen auch dritte Betreiber Ladepunkte aufbauen möchten, ist eine regulatorische Vorarbeit seitens der Kommunen für eine einheitliche Infrastruktur notwendig. Somit werden Rahmenbedingungen durch z.B. Betreiberverträge geschaffen, die eine diskriminierungsfreie Ladeinfrastruktur für alle Nutzenden zum Ziel haben. Dadurch werden keine bestimmten Personenkreise für die Nutzung von Ladepunkten privilegiert und das aufgebaute Netz ist bezüglich seiner Zugänglichkeit möglichst effizient (vgl. SenUVK 2020a). Somit haben

Landesverwaltungen einen signifikanten Einfluss auf den Aufbau und die Verortung von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum und sind insbesondere auf konzeptioneller Ebene ein wichtiger Entscheidungsträger.

Technischer Gestaltungsrahmen der Ladeinfrastruktur

Mit dem Normal- und Schnellladen werden nach einer EU-Richtlinie zwei grundlegende Arten des Ladens definiert. Diese werden anhand der Ladeleistung klassifiziert. Somit gelten Ladegeschwindigkeiten bis einschließlich 22 kW als Normalladen und alles darüber hinaus als Schnellladen.³ Durch immer höher werdende Ladeleistungen hat sich zudem die Klasse des Hochleistungsladens mit einer Leistung von 150 bis 400 kW etabliert. Anzumerken ist jedoch, dass diese aktuell von nur wenigen Pkw-Modellen abgerufen werden können. Technisch unterscheidet sich das Laden mit geringeren Leistungen von höheren durch die Art des Stroms. Wechselstromladen (AC) ist bis etwa 44 kW und Gleichstromladen (DC) ab etwa 10 kW möglich. Beim AC-Laden muss der ein- bzw. dreiphasige Wechselstrom durch ein im Fahrzeug befindliches Ladegerät in Gleichstrom umgewandelt werden, was die niedrigeren Leistungen erklärt (vgl. BDEW 2020: 8). Eine weitere Art des Ladens besteht in einer induktiven und damit kabellosen Methode. Diese ist im öffentlichen Raum jedoch noch nicht verbreitet und damit nicht Gegenstand dieser Arbeit.

Diese technischen Gegebenheiten sind grundlegend für die Ausgestaltung von Lademöglichkeiten und deren Konfiguration. Eine mit zwei Ladepunkten ausgestattete Ladesäule am Straßenrand mit 11 oder 22 kW ist im öffentlichen Raum am häufigsten vorzufinden. Durch eine Vielzahl bereits vorhandener Stadtmöbel ergibt sich zudem die Möglichkeit, Ladepunkte in diese zu integrieren. Beispiele hierfür sind Stromkästen oder Laternen. Im Bestand sind diese nicht auf das Laden von Elektroautos ausgelegt, weshalb i.d.R. nur geringe Leistungen von etwa 3,7 kW möglich sind.

Eine weitere Konfiguration sind Hub-Systeme, welche als Knotenpunkte oder Verteilerzentren dienen. Diese können als Normal- oder Schnellladehubs sowie Hybridkonfigurationen ausgelegt werden. Es gibt keine einheitliche Definition, aber i.d.R. können bei einem Schnellladehub mehrere E-Fahrzeuge nach dem Tankstellenprinzip in kurzer Zeit viel Leistung abrufen (vgl. Agora Verkehrswende 2020a). Wie bei einem logistischen Verteilerzentrum wird die Energiebereitstellung somit zentral und effizient angeboten.

Im AC-Bereich sind schnelle Ladungen technisch limitiert und der Aspekt der infrastrukturellen Bündelung steht stärker im Vordergrund. Somit können eine Vielzahl an Ladesäulen an einem Standort

³ Siehe dazu: Richtlinie 2014/94/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe, ABl L 307/10.

gebündelt ebenfalls als Hub bezeichnet werden. Wie sich im weiteren Verlauf dieser Arbeit zeigen wird, unterliegt die Verortung von Ladeinfrastruktur im urbanen Raum zahlreichen Restriktionen und ist daher auf flexible Lösungen angewiesen.

Normal- und Schnellladehubs können mithilfe eines Lastmanagements unterschiedliche Konfigurationen aufweisen und damit an die Gegebenheiten wie die Infrastruktur und das Nutzerumfeld angepasst werden. Mit einem Lastmanagement wird die Verteilung der Ladeströme bei gebündelter Ladeinfrastruktur geregelt und die Überlastung des Hub-Systems durch die Regulierung der Leistung an den Ladepunkten bei Spitzenlasten vermieden. Durch das intelligente Aufteilen der Ladeströme kann ein hohes Maß an Verfügbarkeit geschaffen werden. In der Literatur ließen sich die „Master Slave“ und die „System Street Unit“ als zwei Konzepte für den (halb)öffentlichen Raum identifizieren (siehe Abbildung 3).

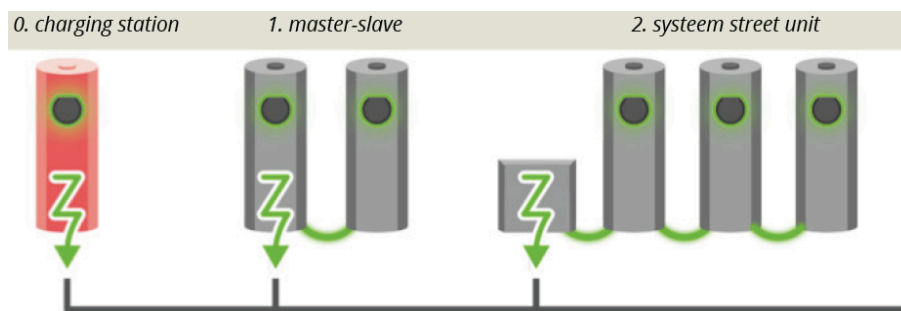


Abbildung 3: Ladesäulenkonfigurationen mit und ohne Lastmanagement (NKL 2019: 10)

Beim Master-Slave-Konzept ist eine Ladestation mit dem Stromnetz und dem Back-Office-System verbunden. Über diese wird die Verteilung an alle übrigen Säulen gesteuert. Bei der System-Street-Unit dient eine separate Steuereinheit für das Management und ist im Gegensatz zu dem Master-Slave Prinzip DC-fähig (vgl. NKL 2019: 10).

Netzgestaltung von Ladeinfrastruktur

Für die Netzgestaltung können zunächst Suchräume ermittelt werden, in denen Ladeinfrastruktur verortet werden soll. Dies kann nach drei strategisch ausgerichteten Zielen erfolgen und auf bestimmten Indikatoren zur Identifizierung basieren (siehe Tabelle 1).

Beim *bedarfsorientierten* Ansatz bilden die Gebiete mit dem höchsten prognostizierten Ladebedarf die Suchräume. Für die aktuelle Bedarfsermittlung und Prognose zukünftiger Bedarfe können Bürgerbeteiligungen durchgeführt und Daten zum Bevölkerungspotential, den Nutzerpräferenzen und den Verkehrsströmen verwendet werden (vgl. DIN 2020: 32). Ein bedarfsgerechter Ansatz wird auch zur Nachverdichtung bestehender Standorte genutzt (vgl. NPM 2020: 9).

Ein *flächenorientierter* Ansatz teilt das Untersuchungsgebiet in Flächen auf, in denen Ladeinfrastruktur vorhanden sein soll. Dabei können die Flächen durch gleichgroße Rechtecke oder um Points of Interest⁴ (POI) herum gebildet werden, um eine flächendeckende Infrastruktur zu schaffen. Dies meint i.d.R. die Sicherstellung eines Ladeangebots für Nutzer ohne private Lademöglichkeit, welches für die Nutzung der Fahrzeuge mindestens bestehen muss. Es wird also entschieden, wo Ladeinfrastruktur überhaupt aufgebaut werden muss, um alle relevanten Flächen für die E-Mobilität durch Lademöglichkeiten erschließbar zu machen (vgl. ebd.: 9). Insbesondere bezüglich des Henne-Ei-Problems kann dies ein entscheidender Ansatz sein. Das Henne-Ei-Problem hat in diesem Kontext die Fragestellung zum Inhalt, ob zunächst abgewartet werden sollte, bis ein Bedarf an Ladungen besteht oder der erste Schritt ein Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur sein sollte, um günstige Bedingungen für die Nutzung von Elektroautos zu schaffen und somit die Entstehung eines Bedarfs zu fördern.

Eine dritte Option ist die *Investitionskostenminimierung* hinsichtlich des Stromnetzes. Dabei werden die Distanzen zum Anschlusspunkt des Netzes unter Berücksichtigung von baulichen Faktoren möglichst kurzgehalten und bestehende Netzkapazitäten durch eine gezielte Verortung ausgenutzt.

Tabelle 1: Indikatoren zur Identifikation von Suchräumen für den Aufbau von Ladeinfrastruktur (in Anlehnung an DIN 2020: 34)

Bevölkerung	Mobilität	Infrastruktur	weitere Indikatoren
<ul style="list-style-type: none"> - Bevölkerungsdichte - Soziodemographische und sozioökonomische Indikatoren - Siedlungsstruktur 	<ul style="list-style-type: none"> - Fahrzeugzulassungszahlen - Modal Split - Wirtschaftsverkehr - Quelle-Ziel-Daten - Wegezwecke - Verkehrsstärken - Verkehrsmodelle - ÖPNV und alternative Mobilitätsangebote 	<ul style="list-style-type: none"> - Öffentlich zugängliche Bestandsladeinfrastruktur - Private Bestandsladeinfrastruktur - Lage von Stromnetz und Einrichtungen der Stromversorgung - freie Kapazitäten der Stromversorgungsinfrastruktur - Mobilitätsabdeckung - Anzahl der Parkplätze - Auslastung der Parkplätze 	<ul style="list-style-type: none"> - Tourismus - Arbeitsplatzdichte - Points-of-Interest - Grundstückspreise - Grundstückseigentumsverhältnisse - Flächennutzung - Barrierefreiheit, Zugänglichkeit

Durch die technischen Gegebenheiten und die Ausbaustrategien kann das Ladeinfrastrukturnetz unterschiedlich gestaltet werden. Die Verortung kann bspw. durch ein kleinteiliges Netz mit vielen einzelnen Ladesäulen verteilt in der Fläche mit jeweils zwei Ladepunkten oder durch eine Bündelung zahlreicher Ladepunkte innerhalb der Standorte erfolgen. Dabei existiert keine einheitliche Definition,

⁴ Points of Interest sind Punkte auf einer Karte, die für Nutzende von Interesse sind. Diese werden häufig in Verbindung mit Navigationssystemen verwendet.

in welchem Umfang eine Ladeinfrastruktur als gebündelt bezeichnet werden kann. Dies ist stark abhängig vom Verortungsumfeld und somit den Ausprägungen der Urbanität, dem Ladebedarf, dem Zielbild und den städtebaulichen sowie technischen Voraussetzungen, Ladeinfrastruktur an einem spezifischen Ort überhaupt einsetzen zu können. Ob eine Bündelung vorliegt, sollte also nicht anhand der absoluten Zahlen an Ladepunkten beurteilt werden, sondern anhand der Ausrichtung der Verortungsstrategie.

Zudem kann eine Bündelung inhaltlich unterschieden werden hinsichtlich einer isoliert betrachteten Ladeinfrastruktur und multimodalen Mobilitätsangeboten. Bei letzterem muss Ladeinfrastruktur nicht in gebündelter Form vorliegen. Wie diese beiden Arten der Bündelung bei der Verortung von Ladeinfrastruktur hinsichtlich der Thematik bewertet werden können und nach welchen Kriterien der Standort ausgestaltet sein sollte, wird in den Kapiteln 3 und 5 näher untersucht.

Verortungskriterien aus Wissenschaft und Praxis

Für die Ermittlung von Standortkriterien dient zunächst ein Verständnis über typische Use-Cases, welche beim Laden eines E-Fahrzeugs existieren. Diese können wie folgt segmentiert werden (vgl. Harendt & Schumann 2017: 217).

- *sleep & charge*: Dies ist der häufigste Fall und findet vorzugsweise im privaten Bereich und bei Einzelstellflächen über Nacht statt. Typische Anwendungsfälle sind Quartiersgaragen oder Laternenparker.
- *work & charge*: Dies betrifft das Laden beim Arbeitgeber während der Arbeitszeit, für den Fall der Bereitstellung einer Ladelösung durch den Arbeitgeber.
- *shop & charge*: Jegliche Konfigurationen und Formen des Ladens während des Einkaufens (Shoppingcenter, Einzelhandel etc.)
- *coffee & charge*: Diese Use-Case wird auch als Zwischenladen bezeichnet und hat das schnelle Aufladen während eines kurzen Stopps zum Inhalt. Möglichkeiten zur Zeitüberbrückung können hier eine wichtige Rolle einnehmen.
- *E-Car-Sharing*: Lademöglichkeiten für die geteilte Mobilität. Welchen Umfang diese Systeme haben und wie exklusiv das Car-Sharing integriert wird, kann recht unterschiedlich ausfallen.

In der Literatur finden sich Leitfäden und Forschungsberichte bezüglich der Verortung von Ladeinfrastruktur und deren Standortkriterien für den öffentlichen Raum, welche in Tabelle 2 dargestellt sind (vgl. DIN 2020: 34, Harendt & Schumann et al. 2017: 211 f.).

Tabelle 2: Positive und negative Standortmerkmale für die Verortung von Ladeinfrastruktur (DIN 2020: 34 f.)

Positive Standortmerkmale	Negative Standortmerkmale
<ul style="list-style-type: none"> - Flächenverfügbarkeit für Ladeinfrastruktur - Verfügbarkeit an Stellplätzen - Erweiterbarkeit der Ladeinfrastruktur - Möglichkeiten zum Verweilen (z.B. Cafés) - Erreichbarkeit - Sichtbarkeit - öffentlichkeitswirksam - hohe Frequentierung - multimodale Verknüpfungen - gute Stromnetzkapazitäten - Zugänglichkeit des Stromnetzes 	<ul style="list-style-type: none"> - Rad- und Fußwege - Lärmschutz (insb. bei Schnellladesäulen) - Denkmalschutz - Bauliche Restriktionen (z.B. Bodenmedien, etc.) - Bäume - Sonderparkflächen - Straßenmobiliar - Sicherheit und Leichtigkeit des Straßenverkehrs - Kannibalisierung bestehender sowie geplanter Ladeinfrastruktur

Demnach sind bei der Verortung von Ladeinfrastruktur grundsätzlich Standorte mit einer effizienten Nutzung durch hochfrequentierte und gut zugängliche Ladepunkte mit guter Öffentlichkeitswirksamkeit anzustreben.

Für den Hochlauf und eine ausreichende Akzeptanz der Elektromobilität sind gut wahrnehmbare Standorte aufgrund von schwerwiegenden Bedenken bezüglich der Fahrzeugreichweite innerhalb der Bevölkerung ein wichtiges Merkmal (vgl. Harendt & Schumann et al. 2016: 9).

Des Weiteren spielt nicht nur ein gut verfügbares Stromnetz eine Rolle, sondern auch multimodale Verknüpfungen mit anderen Verkehrsmitteln des Umweltverbunds. Dabei steht neben dem ÖPNV das elektrifizierte Car-Sharing im Vordergrund. Insbesondere in urbanen Quartieren lässt sich eine Entwicklung vom privaten Fahrzeug zum Car-Sharing hin beobachten (vgl. Harendt & Schumann et al. 2016: 11) Zudem können multimodale Mobilitätsangebote die Nutzung des ÖPNV und des Car-Sharings steigern und gleichzeitig den MIV senken (vgl. Harendt & Schumann et al. 2017:189). Dieses Potential kann mit der zusätzlichen Verknüpfung von Pedelecs an multimodalen Umsteigepunkten bei der Verortung von Ladeinfrastruktur beachtet und genutzt werden. Diese sollte demnach weitere Mobilitätsdienstleistungen ergänzen und somit verkehrsplanerisch integriert werden. Durch die Integration werden die angegebenen Merkmale der Öffentlichkeitswirksamkeit und Sichtbarkeit im öffentlichen Raum aufgrund der gebündelten Mobilitätsangebote erhöht.

Hinsichtlich des Stromnetzes und des Flächenbedarfs ist die Bündelung von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum wahrscheinlich nur bedingt umsetzbar. Diesbezüglich werden im Rahmen der empirischen Untersuchung in dieser Arbeit Nachforschungen angestellt, um darauf eine Antwort zu finden.

Da Ladepunkte nur für eine begrenzte Zeit pro Nutzer zum Laden zur Verfügung stehen und es nicht effizient ist diese als Langzeitparkplätze für einzelne Pkw zur Verfügung zu stellen, gelten Aufenthaltsmöglichkeiten oder Aktivitäten am Standort als ein positives Standortmerkmal zur Überbrückung der sogenannten „laderelevanten Verweildauer“ (vgl. Harendt & Schumann et al. 2017: 220). Insbesondere für die gezielte Verortung und den Aufbau von zentralen Standorten sind Motivationsfaktoren für dessen Nutzung von Vorteil.

2.3 Nachhaltige Mobilität

Für das Verständnis einer nachhaltigen Mobilität muss zunächst geklärt werden, was Nachhaltigkeit konkret bedeutet. „[Nachhaltigkeit ist nach der Definition des Dudens ein] Prinzip, nach dem nicht mehr verbraucht werden darf, als jeweils nachwachsen, sich generieren, künftig wieder bereitgestellt werden kann“ (Bibliographisches Institut GmbH 2020). Im Brundtland-Bericht von 1987 wird eine nachhaltige Entwicklung bereits wie folgt definiert: „Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs“ (United Nations 1987). Dabei wird eine ökonomische, ökologische und soziale Dimension abgedeckt (vgl. Gerlach & Hübner et al. 2015: 14 f.). Klar zu erkennen ist auch der generationsübergreifende Gestaltungsanspruch.

Nachhaltigkeitsstrategien der Integrierten Verkehrsplanung

Die integrierte Verkehrsplanung stützt ihr Verständnis von einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung auf ein Grundkonzept, bestehend aus drei Strategien: Effizienzstrategie, Konsistenzstrategie und Suffizienzstrategie (vgl. Schwedes 2018:14 ff.). Dabei handelt es sich jeweils um Nachhaltigkeit adressierende Strategien, die verschiedene Ansätze verfolgen, sich jedoch keineswegs gegenseitig ausschließen.

Die Effizienzstrategie strebt die Entflechtung von Wirtschaftsleistung und Umweltverbrauch an. Durch technologische Innovationen soll ein ressourcenschonendes Handeln ermöglicht werden. Die Elektromobilität ist beispielsweise eine effizientere Technologie als der Verbrennungsmotor und erreicht unter Verwendung erneuerbarer Energien eine vorteilhaftere Umweltbilanz. Die Konsistenzstrategie hingegen zielt auf eine nachhaltige Verwendung der Ressourcen mittels Kreislaufwirtschaft ab. Bereits heute werden Fahrzeugteile aus recycelten Materialien gefertigt (vgl. Hucko 2014). Diese beiden Strategien konzentrieren sich auf Effektivitäts- sowie Effizienzoptimierungen, ändern aber wenig an der Grundeinstellung zur Mobilität selbst. An dritter Stelle steht daher die Suffizienzstrategie, nach der es zu einer Verhaltensänderung hin zu einer ressourcenschonenden Mobilität kommen muss. In diesem Zusammenhang ist die Verkehrsmittelwahl entscheidend. Dabei geht es vor allem um die Verlagerung des Verkehrs vom privaten Auto auf den Umweltverbund.

Stellt man sich nun die Ausübung von Mobilität als eine Art des Konsums vor, dann muss das Konsumverhalten entsprechend geändert werden. Damit wird greifbar, welche Herausforderung beim Transformationsprozess mit gewohnheitsorientierten Individuen bevorsteht. Es ist auch eine Erklärung dafür, warum der politische Fokus bisher eher auf den optimierungsbasierten Strategien liegt. Diese

allein reichen jedoch nicht aus, um dem Begriff der Nachhaltigkeit gerecht zu werden. An dieser Stelle seien die sogenannten „Rebound Effekte“ erwähnt, welche den Effektivitäts- und Effizienzzuwächsen entgegenwirken. Ein effizienterer Motor kann z.B. dazu führen, dass durch den geringeren Benzinverbrauch Strecken mit größerer Entfernung zurückgelegt und im Endeffekt dieselbe Menge an Treibstoff verbraucht wird. Ebenso ist das Wirtschaftswachstum in diesem Zusammenhang ein großer entgegenwirkender Faktor, der das Verkehrsaufkommen weiter anwachsen lässt. Jedoch ist genau das Gegenteil erforderlich. Zudem bedeutet eine geringere Verkehrsbelastung nicht zwangsläufig eine Abnahme der Mobilität (vgl. Schwedes 2018:14 ff). „[Demnach lässt sich nachhaltige Mobilität nach der integrierten Verkehrsplanung] definieren als die ökologisch verträgliche und sozial gerechte Gestaltung und Gewährleistung der Erreichbarkeit von Einrichtungen und Kommunikationszugängen in einer globalen Gesellschaft“ (Rammler 2016: 906).

Dabei befinden sich Nachhaltigkeit und Mobilität in einem Spannungsverhältnis zueinander. Mobilität verursacht auf der einen Seite negative Auswirkungen auf die Umwelt und sollte in hohem Maße für alle Menschen verfügbar sein. Auf der anderen Seite soll diese Verfügbarkeit nachhaltig gestaltet werden.

Handlungsfelder nachhaltiger Mobilität

Im Fokus der verschiedenen Handlungsfelder nachhaltiger Mobilität steht der Umwelt- und Klimaschutz sowie die Umgestaltung der urbanen Lebensräume und deren Qualitätsverbesserung im Vergleich zur heutigen Stadtstruktur. Dabei stehen neben umweltverträglichen Verkehrsprozessen auch die Sicherung einer sozial gerechten Mobilität für alle Menschen im Mittelpunkt (vgl. Gerlach & Hübner et al. 2015: 14). Besonders die aktive Mobilität (siehe Kapitel 2.3) nimmt eine entscheidende Rolle bei einer nachhaltigen Mobilitätsgestaltung ein.

Um dem Klimawandel entgegenzuwirken, bedarf es einer Reduzierung von Treibhausgasemissionen. Etwa 20 % dieser Emissionen sind auf den Verkehrssektor zurückzuführen. Eine bloße Optimierung der Antriebstechnologien durch Innovationen reicht in Hinblick auf ein wachsendes Verkehrsaufkommen nicht aus. Ein Nachhaltigkeitsziel ist daher, den Energiebedarf bis 2050 um etwa 40 % im Vergleich zum Jahr 2005 zu senken (vgl. BMWi 2010: 5). Um dies zu erreichen, werden neben Strategien zur Verkehrsverbesserung auch jene zur Vermeidung und Verlagerung von Verkehr verfolgt. Bei der Verkehrsverlagerung werden alternative Verkehrsträger zum MIV wie z.B. Bus und Bahn für entsprechende Wege verwendet.

Für den Erhalt der menschlichen Gesundheit muss der Ausstoß von Luftschadstoffen und Lärmemissionen deutlich gesenkt werden. Über 75 % der Bevölkerung wird durch Straßenverkehrslärm

negativ beeinflusst. Eine Vielzahl von Auswirkungen wie Herz- & Kreislauferkrankungen, psychische Erkrankungen, die Störung sozialer Interaktion & Kommunikation, Schlaf und Erholung sowie der Leistungsfähigkeit können die Folge sein. Dies führt zu Gesundheitsschäden, Effizienzverlusten sowie Verhaltensänderungen und letztendlich zu einer Verringerung der Lebensqualität, hohen ökonomischen Kosten und sozialer Segregation (vgl. Gerlach & Hübner et al. 2015: 80 ff.).

Eines der Kernziele der „Europa-2020-Strategie“ ist die Bekämpfung von Armut und sozialer Ausgrenzung. „[Die Gesellschaftliche Teilhabe und die Daseinsvorsorge, welche alle] existentiellen Güter und Leistungen einschließlich deren Bereitstellung entsprechend der Bedürfnisse der Bürger auf der Grundlage definierter qualitativer und quantitativer Standards [umfasst, sind wesentliche Aspekte]“ (Schäfer 2020). Dazu gehören auch kulturelle Einrichtungen, Freizeitaktivitäten, Einkaufsmöglichkeiten, Arbeit und das Einkommen.

Für eine nachhaltige Mobilität kann daraus die Notwendigkeit der Sicherstellung von Mobilität für alle Menschen und deren sozial gerechte Gestaltung abgeleitet werden. Konkret bedeutet dies, ein hohes Maß an räumlicher Mobilität zu schaffen und Mobilitätsbarrieren abzubauen. Letztere werden auch als mobilitätsbedingte Teilhaberrestriktionen bezeichnet. Diese werden durch die Siedlungsstruktur, das Verkehrsangebot und die individuellen Verkehrsmöglichkeiten charakterisiert und bestimmen, wie gut Zielorte in unmittelbarer Nähe verteilt sind und subjektiv wie auch objektiv durch vorhandene Infrastruktur bzw. die individuelle Beweglichkeit erreicht werden können. Stark gefährdet sind in diesem Zusammenhang einkommensschwache Bevölkerungsgruppen, ältere Menschen sowie Personen ohne Pkw bei einer auf das Auto ausgerichteten Siedlungsstruktur (vgl. Gerlach & Hübner et al. 2015: 61 f.).

Heutige Mobilitätsbarrieren werden somit noch stark durch den MIV bestimmt. Es gibt die Optionen die Verfügbarkeit des MIV für alle Menschen zu verbessern und die Barrieren damit ein Stück weit aufzulösen oder das System so umzugestalten, dass eine Auto-Mobilität für die entsprechenden Bedürfnisse nicht mehr notwendig ist. Da eine nachhaltige Mobilität ein Zusammenwirken vieler Bereiche ist, führt die massive Förderung des MIV zu nicht vertretbaren Konflikten mit anderen Handlungsfeldern. Um das Nachhaltigkeitsziel zu erreichen, muss auf eine integrierte Raum- und Verkehrsplanung gesetzt werden.

Kennzeichnend dafür sind urbane Räume mit kompakten Strukturen und gemischter Nutzung, um die Erreichbarkeiten zu verbessern. Überschneidend sind hier die Handlungsfelder der Flächennutzung und der Lebens- bzw. Aufenthaltsqualität in den Städten. Ergänzend müssen nachhaltige Verkehrsträger des Umweltverbunds als Alternative zum MIV in diesen Strukturen integriert und aufeinander abgestimmt werden. Zudem ist die Förderung der Nahversorgung essenziell, um die Notwendigkeit einer schnellen Überwindung von weiten Distanzen für die Befriedigung entsprechender Grundbedürfnisse obsolet zu

machen (vgl. ebd.: 60 f.). Dies deckt sich auch mit den Zielen aus der UN-Generalversammlung von 2015. „[Somit besteht ein Ziel darin,] bis 2030 den Zugang zu sicheren, bezahlbaren, zugänglichen und nachhaltigen Verkehrssystemen für alle [zu] ermöglichen und die Sicherheit im Straßenverkehr [zu] verbessern, insbesondere durch den Ausbau des öffentlichen Verkehrs, mit besonderem Augenmerk auf den Bedürfnissen von Menschen in prekären Situationen, Frauen, Kindern, Menschen mit Behinderungen und älteren Menschen“ (Vereinte Nationen 2015:23).

Die nachhaltige Nutzung energiebezogener Ressourcen ist ein weiteres Handlungsfeld. So sollten energetische Ressourcen möglichst auf erneuerbaren Energien basieren und deren Regenerationsgrenzen beachtet werden. Im Falle der Elektromobilität müssen nicht nur die Fahrzeuge produziert, sondern auch Lithium für deren Energiespeicher abgebaut werden. Insbesondere der Lithiumabbau kann katastrophale Folgen für Menschen und Natur haben (vgl. Götze 2019). Daher ist auch nach diesem Gesichtspunkt die Reduktion des MIV und der Fokus auf eine aktive Mobilität anzustreben.

Daran knüpft der Aspekt der Verkehrssicherheit an. Durch weniger MIV wird der Straßenraum übersichtlicher und der Ausbau von Infrastruktur für alternative Verkehrsträger kann auch unter Sicherheitsaspekten optimiert werden. Zudem müssen zukünftige Systeme widerstandsfähig gegen Störungen sein, was als Resilienz bezeichnet wird. Gerade im Zeitalter der Digitalisierung, welche eine Grundvoraussetzung vieler nachhaltiger Mobilitätskonzepte ist, müssen zuverlässige Systeme allein aus Akzeptanzgründen geschaffen werden.

Ein weiteres Feld ist die Flächeninanspruchnahme durch den Verkehr. In urbanen Räumen geht es vorrangig um die Neuorganisation der Flächennutzung. Vor allem der indirekte Flächenverbrauch, also Infrastruktureinrichtungen wie bspw. Ladesäulen oder Parkplätze für Autos, werden in Frage gestellt.

Um der Zersiedelung entgegenzuwirken, eine aktive gesunde Mobilität fördern und urbane Raumstrukturen möglichst kompakt gestalten zu können, bedarf es der Verbesserung der Aufenthaltsqualität in den inneren Stadtbereichen. Durch die Verdichtung der Stadtrandbezirke und des Umlandes müssen oft größere Distanzen zurückgelegt werden, um bspw. den Arbeitsplatz zu erreichen. Die Aufenthaltsqualität wird stark von verkehrlichen Faktoren und den übrigen Handlungsfeldern bestimmt. Der MIV nimmt dabei eine zentrale Rolle ein. Dieser ist hauptverantwortlich für Lärm- und Luftschadstoffemissionen, beeinflusst das Sicherheitsempfinden im Straßenraum negativ und nimmt durch Parkplätze viel Fläche in Anspruch. Dem entgegen stehen Aufwertungen des öffentlichen Raums durch Ruhe-, Spiel-, und Aufenthaltsmöglichkeiten, kulturelle Einrichtungen, Begrünung sowie Kinder- und Fußgängerfreundlichkeit (vgl. Blanck & Hacker et al. 2017: 112 f.). In Abbildung 4 sind die Aspekte einer nachhaltigen Mobilität dargestellt. Im Rahmen dieses Modells sollte die Ladeinfrastruktur für Elektroautos integriert werden.



Abbildung 4: Das Systemmodell einer nachhaltigen Mobilität (eigene Darstellung)

2.4 Aktive und gesunde Mobilität

Um Standortmerkmale für eine Ladeinfrastruktur zu ermitteln, die auch eine aktive Mobilität fördert, wird in diesem Kapitel die aktive Mobilität erläutert und Fördermaßnahmen aufgezeigt. „Unter aktiver Mobilität versteht man Fortbewegung mit Hilfe der eigenen Muskelkraft, also insbesondere Zufußgehen und Radfahren, aber auch das Fahren mit Tretrollern, Inlineskates oder Pedelecs. Das ist gut für die Gesundheit, schont die Umwelt und erhöht die Lebensqualität“ (VCÖ 2017). Diese Facette nachhaltiger Mobilität ist eine suffiziente Herangehensweise (siehe Kapitel 2.1), um Verkehrssysteme zu gestalten. Nachfolgend werden die Handlungsfelder, Ziele und Maßnahmen der Fuß- und Radverkehrsförderung erläutert.

Handlungsfelder und Ziele der Fußverkehrsförderung

Das Gehen ist die natürlichste Form menschlicher Raumüberwindung und ein Grundbedürfnis. Es ist ein Kernelement nachhaltiger Mobilität sowie des Leitbildes der „Stadt der kurzen Wege“ und wichtig dafür, dass urbane Räume als vital, lebendig und lebenswert wahrgenommen werden. Die Aufenthaltsqualität ist für die Bereitschaft von kurzen alltäglichen Wegen ein entscheidender Faktor. Somit besitzen Fußwege eine Aufenthaltsfunktion. Zudem sind Menschen auf öffentlichen Plätzen und Straßen ein Zeichen von Urbanität und haben eine belebende Wirkung. Vitale Aufenthaltsräume werden zu Interaktionszonen, in denen möglichst wenig Kommunikationsbarrieren vorherrschen und es ein starkes soziales Miteinander zwischen den Menschen gibt. Im Berliner Mobilitätsgesetz ist die Förderung der Stadtentwicklung im §7 verankert. Demnach sind gemischte Stadtquartiere für räumliche Nähe mit geringem Verkehrsaufkommen durch Mobilitätsangebote und Verkehrsinfrastrukturen anzustreben, welche die Erreichbarkeit der Quartiere und die innere Erschließung mit den Verkehrsmitteln des Umweltverbunds zum Ziel hat (vgl. Bauer & Hertel et al. 2018: 9, 34).

Aus sozialen Gesichtspunkten lässt sich somit mehr Gerechtigkeit für mobilitätsarme und sicherheitsbedürftige Bevölkerungsgruppen wie Kinder, arme und alte Menschen erzielen. Die Umweltgerechtigkeit, also die individuelle Belastung durch äußere Einflüsse, wird ebenso wie die mobilitätsbezogene Geschlechtergerechtigkeit verbessert. Letztere entsteht durch ein ungleiches Verhältnis zwischen Frauen und Männern bezüglich der Nutzung des Umweltverbunds (vgl. Bauer & Hertel et al. 2018: 24).

Das Zufußgehen ist ein Bindeglied zwischen den Verkehrsmitteln. Um von der Haustür zum Fahrrad zu gelangen oder für den Umstieg auf den ÖPNV wird ein Stück des Weges zu Fuß zurückgelegt. Mit der Gestaltung attraktiver, effizienter und sicherer Wege für das Zufußgehen, wird daher auch der Umweltverbund gestärkt.

Das Gehen ist die flächeneffizienteste Art der Fortbewegung. Wenn es gelingt, den MIV bei kurzen Wegen auf das Zufußgehen und bei längeren Distanzen auf den Umweltverbund durch qualitativ hochwertige Wegeverbindungen zu verlagern, kann dadurch der Flächendruck gesenkt werden. Eine Folge kann sein, dass der Besitz eines privaten Autos überflüssig wird und der Platzbedarf des ruhenden Verkehrs, welcher am Straßenrand und auf Wohngrundstücken im Jahr 2018 bei 4,5 m²/Person lag, abnimmt. Eine geringe Rauminanspruchnahme des ruhenden und fließenden Verkehrs ist auch im Mobilitätsgesetz durch die Gestaltung eines menschen- und stadtgerechten Verkehrs verankert (vgl. § 4 Absatz 3 Satz 1 MobG BE). Das Umweltbundesamt gibt Zielwerte für den zukünftigen Platzbedarf beim ruhenden Verkehr pro Person für das Jahr 2030 und darüber hinaus an. Demnach sollte dieser im Jahr 2030 auf 3 m²/Person und langfristig auf 1,5 m²/Person sinken. Die eingesparten Flächen im öffentlichen Raum können dann für breitere Fußwege, Radwege, den ÖPNV, Grün- und Freizeitflächen, Radabstellanlagen oder Car-Sharing-Plätze genutzt werden (vgl. ebd.: 37).

Der Fußverkehr fördert die Gesundheit, gilt als zuverlässige Zukunftsinvestition und ist wichtig für die Stärkung des Einzelhandels sowie der Gastronomie. Zudem ist er CO₂-neutral und senkt die Lärm- und Schadstoffemissionen (vgl. ebd.: 25). So existieren bereits gesetzlich verankerte Entwicklungsziele im Mobilitätsgesetz für den Fußverkehr, die im Folgenden erläutert werden (vgl. §50 Absatz 2-9 MobG BE):

Fußwege sind als geschützte Räume für eine sichere Infrastruktur zu wahren: Für vitale Stadtstrukturen müssen die Aufenthaltsqualität und sichere Fortbewegung innerhalb der Fußverkehrsinfrastruktur verbessert und aufrechterhalten werden. Diese Räume, gerade auch um die verletzlichsten Verkehrsteilnehmer und eine sozial gerechte Infrastruktur zu schützen, sind nach dem Berliner Mobilitätsgesetz als Leitlinie anerkannt.

Anregung zur Wegenutzung und Erhöhung des Fußverkehrsaufkommens: Für eine entschiedene Nutzung aktiver Wegeverbindungen sind diese entsprechend einer hochwertigen Nutzungsmöglichkeit zu gestalten. Gesetzlich verankert sind Stadtmöbel zum Verweilen, die keinen kommerziellen Zweck erfüllen.

Direkte und zusammenhängende Wege: Qualitativ hochwertige Wegeverbindungen sind wichtig für eine alltagstaugliche und attraktive Fußverkehrsinfrastruktur und in einem direkten und zusammenhängenden Wegenetz zu integrieren. Dabei werden Abkürzungen auch durch geschlossene Bauwerke unterstützt.

Der Fußverkehr hat Vorrang bei der Straßenraumaufteilung: Wie auch der Radverkehr, wird der Fußverkehr, als Teil des Umweltverbunds, prioritär bei der Flächenaufteilung im Straßenraum

behandelt. Durch die Priorität soll die körperliche Gesundheit der Bevölkerung gesteigert und Flächenverbrauch reduziert werden.

Steigerung des effektiv nutzbaren Straßenraums für Fußgänger: Zur Förderung vitaler Stadtstrukturen und der Erhöhung der Aufenthaltsqualität, soll der Anteil des Straßenraums, der für das Zufußgehen effektiv genutzt werden kann, erhöht und gemäß den Anforderungen des Fußverkehrs gestaltet werden. Unter anderem soll eine Attraktivitätssteigerung des Fußverkehrssystems dazu beitragen, den Stellenwert und die Bedeutung des Fußverkehrs innerhalb der Gesellschaft zu verbessern.

Ausreichende Gehwegbreite: Für das barrierefreie Fortbewegen innerhalb der Fußverkehrsinfrastruktur, sind ausreichend breite Gehwege zu gestalten. Dabei müssen sich Personen mit und ohne Fortbewegungsmittel noch uneingeschränkt begegnen können (vgl. § 24 Absatz 1 Satz 1 StVO).

Der gebietsfremde Verkehr soll vermieden werden: Fußgänger gefährdender motorisierter Quell- und Zielverkehr soll zur Förderung von fußgängerfreundlichen Nebenstraßen, die sich für das Zufußgehen besonders eignen, durch geeignete Maßnahmen reduziert und nach Möglichkeit vermieden werden.

Verlagerung der Verkehrsleistung auf den Umweltverbund: Kurze Wege, die mit dem MIV zurückgelegt werden, sollen direkt auf den Fußverkehr verlagert werden. Bei längeren Distanzen ist der Fußverkehr als Bindeglied der Verkehrsmittel des Umweltverbunds zu stärken.

Handlungsfelder und Ziele der Radverkehrsförderung

Im Rahmen der nationalen Radverkehrspolitik existieren konkrete Handlungsfelder, durch welche die angestrebten Ziele der Radverkehrsförderung erreicht werden sollen. Im Rahmen dieser Arbeit sind die verschiedenen Handlungsfelder vor dem Hintergrund der Ermittlung von Standortmerkmalen für eine Ladeinfrastruktur von unterschiedlicher Relevanz.

Im Mittelpunkt steht eine bedarfsgerechte, komfortable und sichere Radinfrastruktur. Diese muss das Ergebnis einer integrierten Radverkehrsplanung sein. Demnach müssen Ressourcen, Flächen und Mittel trotz der Konkurrenz mit anderen Verkehrsmitteln bewusst der Radinfrastruktur zugeordnet werden. Synergieeffekte bei der Planung und Verortung von Infrastruktur sind zwar vorteilhaft, jedoch sollte dem Fahrrad bei der Planung unterschiedlicher Infrastrukturen eine hohe Priorität eingeräumt werden. Durchgängige und lückenlose Radverkehrsnetze, die alle Quell- und Zielpunkte miteinander verbinden und durch Tempo 30-Zonen, verkehrsberuhigte Bereiche und Fahrradstraßen charakterisiert werden können, sind wichtige Merkmale für ein sicheres und attraktives Radverkehrssystem. Durch die Integration mit den übrigen Verkehrsarten sind Mischverkehrszonen, in denen der MIV und Radfahrer sich gleichberechtigt in einer Zone fortbewegen können, anzustreben (vgl. BMVi 2012: 17).

Im Bereich der Infrastruktur gilt es, die Straßen und Wege bezüglich des fließenden- sowie ruhenden Verkehrs fahrradgerecht zu gestalten. Somit müssen diese eine ansprechende und sichere Radverkehrsführung bieten und Konflikte mit anderen Verkehrsträgern minimieren. Diese Konflikte bestehen nicht nur zwischen dem MIV im fließenden und ruhenden Verkehr, sondern auch auf Busspuren oder bei von Rad- und Fußverkehr gemeinsam genutzten Wegen. Diese Nutzungs- und Flächenkonflikte gilt es durch Kompromisse und mithilfe von infrastrukturellen Maßnahmen zu lösen. Geeignete Abstellanlagen sind ein Kriterium für die Alltagstauglichkeit und Attraktivität des Radverkehrs. Der zunehmende Ausbau von Fahrradparkmöglichkeiten ist eine Antwort auf die Problematik von falsch abgestellten Fahrrädern auf z.B. Gehwegen und kann durch §22 des Berliner Mobilitätsgesetzes und der Zielsetzung einer störungsfreien Nutzbarkeit aller Verkehrswege des Umweltverbunds begründet werden. Bei dem Aufbau von Radabstellanlagen gilt es als ein Planungsprinzip in technischen Regelwerken, dass der Fußverkehr nach Möglichkeit nicht eingeschränkt werden darf (vgl. ebd.: 24).

Auch hinsichtlich der E-Mobilität sind diebstahlsichere und barrierefreie Parkmöglichkeiten für Pedelecs an Wohn- und Fahrzielorten zu integrieren. E-Bikes sind ein Baustein der E-Mobilität und müssen in Mobilitätskonzepte eingebunden werden, um eine sinnvolle Kombination mit anderen Verkehrsträgern zu fördern. Wie diese elektrifizierte Radinfrastruktur aufgebaut werden soll, kann im Zusammenhang mit der Ladeinfrastrukturverortung von Elektroautos betrachtet werden.

Multimodale Verknüpfungsmöglichkeiten sind ein Katalysator bei der Förderung des Umweltverbunds und eines der wichtigsten Leitziele bei der Entwicklung des zukünftigen Radverkehrsplan (vgl. BMVi 2020). Dabei spielen gut sichtbare Umsteigepunkte des Rad- und öffentlichen Verkehrs an Haltestellen und Bahnhöfen eine zentrale Rolle. Mittlerweile haben sich Fahrradverleihsysteme dezentral im öffentlichen Raum gelegen und an Umsteigepunkten des ÖPNV etabliert. In einem multimodalen Verkehrsangebot sind Fahrradverleihstationen ein Baustein und müssen innerhalb eines einheitlichen und bezüglich der Verkehrsmittelkombination reibungslosen Systems integriert werden, um eine hohe Nutzerakzeptanz zu erreichen. So ist ein gesteigerter Anteil des Umweltverbunds an zurückgelegten Wegen und die Multimodalität im aktuellen Berliner Mobilitätsgesetz verankert, ebenso wie das Ziel, die Wahrnehmung des Radverkehrs zu steigern. Insbesondere das Fahrrad soll für Arbeitswege, mittels ineinandergreifender Infrastrukturen für eine einheitliche und tarifliche Integration durch multimodale Mobilitätsangebote genutzt werden. Innerhalb dieser Angebote sollen Car-Sharing-Dienste notwendige Pkw-Fahrten weitgehend ersetzen. Verfügbarkeitsdaten in Echtzeit sind für eine hohe Nutzerfreundlichkeit zur Verfügung zu stellen (vgl. § 5 Absatz 5 Satz 1 MobG BE). So lassen sich die drei folgenden übergeordneten Ziele der Radverkehrsförderung formulieren (vgl. BMVi 2012: 12):

Das Leitbild „Radverkehr als System“ muss umgesetzt werden: Dies betrifft eine fahrradfreundliche Infrastruktur, eine zielführende Kommunikations- und Öffentlichkeitsarbeit sowie ein service- und dienstleistungsorientiertes System. Somit kann die Wahrnehmung des Radverkehrs als ein alltagstaugliches und sicheres Verkehrsmittel gesteigert werden.

Der Radverkehr muss Teil einer integrierten Verkehrs- und Mobilitätspolitik sein: Der Radverkehr ist gemeinsam mit dem Fußverkehr ein Standbein eines nachhaltigen Mobilitätssystems neben dem MIV und dem ÖPNV. Innerhalb dieses Systems müssen alle Bestandteile aufeinander abgestimmt werden.

Beitrag zur gesellschaftlichen Problemlösung: Das Risiko für gesundheitlich schwerwiegende Erkrankungen wie Herz-Kreislauf-Krankheiten, Diabetes oder Krebs steigt mit einem Bewegungsmangel signifikant an. 42,2 % der Deutschen bewegten sich 2016 nicht ausreichend gemäß einem gesunden Lebensstil (vgl. WELT 2018). Radfahren stabilisiert die seelische Gesundheit, kann Fehlzeiten am Arbeitsplatz vermindern und generiert volkswirtschaftliche Gewinne (vgl. UBA 2012). Die Belastungen des Klimas und der Umwelt durch Feinstaub, CO₂ und Lärmemissionen können durch einen höheren Anteil des Radverkehrs gesenkt werden. Für mehr soziale Gerechtigkeit und gesellschaftliche Teilhabe mit Blick auf den demographischen Wandel stellt das Rad ein geeignetes Verkehrsmittel dar.

Maßnahmen zur Förderung der aktiven Mobilität

Über die Ziele und Handlungsfelder können Maßnahmen abgeleitet werden, die sich gegenseitig im Rahmen einer Push & Pull-Strategie (siehe Kapitel 2.1) ergänzen. Diese Maßnahmen haben einen angebotsschaffenden bzw. restriktiven Charakter und beziehen sich direkt oder indirekt auf die Förderung einer aktiven Mobilität. Dabei ist wichtig, dass bei restriktiven Push-Maßnahmen zunächst angebotsschaffende Pull-Maßnahmen durchgeführt werden, um eine alternative Mobilitätsmöglichkeit zu schaffen. Da es sich bei der Verortung von Ladepunkten um den Ausbau der Infrastruktur handelt, wird der Fokus bei den betrachteten Maßnahmen auf den infrastrukturellen sowie ergänzend ordnungspolitischen Rahmen gelegt.

Über Pull-Maßnahmen muss die Radinfrastruktur entsprechend der erläuterten Ziele bei gleichzeitig sicher und effizient gestalteter Fußinfrastruktur mit verbesserten Sichtbeziehungen ausgebaut werden. Ein Fokus liegt dabei auf dem flächendeckenden Ausbau von Fahrradparkmöglichkeiten an Wohn- und Zielort sowie Umsteigepunkten des ÖPNV. Zusätzlich gilt es, die E-Mobilität in Form von Pedelecs und Lademöglichkeiten zu integrieren, um den Anwendungsbereich für die Fahrradmobilität zu erhöhen.

Der Ausbau von Fahrradverleihstationen ist eine weitere Maßnahme, um das Angebot zu verbessern und die Wahrnehmung im öffentlichen Raum zu steigern. Um den Komfort, die Sicherheit und

Reisegeschwindigkeit auf ein ausreichendes Niveau zu heben, sollten Fahrradwege auf dem Hauptstraßennetz als Schnellradverbindungen zwischen bestimmten Gebieten in für Überholmanöver geeigneter Breite ausgebaut werden. Dabei ist darauf zu achten, dass Rad- und Fußwege nach Möglichkeit und bei engen Platzverhältnissen getrennt voneinander angeordnet sind.⁵ In Wohnquartieren ist dagegen eine Mischzonenstrategie empfehlenswert, bei der alle Verkehrsteilnehmer aufgrund von weniger trennscharfen Abgrenzungen der Nutzungsbereiche in besonderer Weise aufeinander Rücksicht nehmen müssen, wobei dem Umweltverbund ein Vorrang zugesprochen wird. Auch hier sind gute Sichtverhältnisse für eine aktive Mobilität wichtig. Für einen attraktiveren Aufenthalt und die Vitalisierung im Straßenraum, werden zusätzlich Flächen für Aktivitäten benötigt, welche für den Verkehr gesperrt werden müssen. Ein populäres Beispiel sind hier Spielstraßen. Für ausreichend breite Gehwege kommt der Rückbau von Stadtmobiliar in Frage.

Ergänzend zu solchen Maßnahmen muss der ruhende und fließende MIV durch entsprechende Push-Maßnahmen eingeschränkt werden. Grundlegend müssen diese folglich flächenumverteilende Wirkungen haben. Die Umwidmung von Fahrspuren des MIV zu Infrastrukturen der aktiven Mobilität ist somit erforderlich. Dem ruhenden Verkehr wird durch das Parkraummanagement eine restriktive Wirkung zugeführt. Durch die Regulierung der Anzahl an Parkplätzen, einer Bepreisung für das Parken und deren ordnungsrechtliche Kontrolle kann die Wahl des Verkehrsmittels und damit die Nutzung des öffentlichen Raumes beeinflusst werden (vgl. Aichinger 2020: 27). Es entsteht die Möglichkeit Fahrradabstellanlagen auf ehemaligen Parkplätzen aufzubauen sowie eine sichere und effiziente Fahrbahninfrastruktur für das Fahrrad zu realisieren.

Für die Schaffung von Mischzonen und die Förderung der aktiven Mobilität sind verkehrsberuhigende Maßnahmen erforderlich. Modalfilter sind eine Möglichkeit, den Durchgangsverkehr zu unterbinden. Werden diese als Konzept in einem Quartier integriert, können zwar alle Bereiche erreicht werden, die Durchquerung wird infrastrukturell durch Kreuzungsteilungen jedoch unterbunden und der einfließende Verkehr i.d.R. an naheliegenden Punkten wieder hinausgeleitet. Dabei sind Modalfilter in Form von Pollern für Verkehrsteilnehmer der aktiven Mobilität weiterhin passierbar.

Um Alternativen zu eingeschränkten Infrastrukturen zu schaffen und für mehr Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung zu sorgen, sind Quartiers- bzw. Sammelgaragen u.a. in Form von Parkhäusern oder Tiefgaragen eine Möglichkeit, den ruhenden Verkehr zu bündeln und vom Straßenrand weg zu verlagern. Zudem können durch Car-Sharing-Konzepte alternative Angebote zum privaten Auto

⁵ Ein Beispiel für einen Ausbau der Radinfrastruktur mit unkonventionell großer Breite ist der Pop-up-Radweg auf der Kantstr. in Berlin, bei dem die Parkplätze auf eine Spur des Autoverkehrs nach innen verlagert und der Radweg an Stelle dessen angelegt wurde.

geschaffen werden, die den Flächendruck im öffentlichen Raum verringern, da ein Car-Sharing-Fahrzeug bekanntermaßen mehrere private Autos ersetzen kann.

Der Aufbau von multimodalen Verknüpfungspunkten ist für die Förderung der aktiven und nachhaltigen Mobilität eine Pull-Maßnahme, deren verkehrliche Auswirkung als hoch eingeschätzt wird (vgl. NOW GmbH 2019: 182). Dies können Mobilitätsstationen sein, welche i.d.R. ein kombiniertes Angebot aus Leihfahrrädern, Car-Sharing und ÖPNV zur Verfügung stellen. Mobilitätsstationen sollten besonders an gut besuchten Orten mit einer hervorragenden ÖPNV-Anbindung integriert werden. Wichtig ist, die Stationen innerhalb eines Konzeptes aufeinander abzustimmen, um Synergien beim Umweltverbund und der öffentlichen Wahrnehmung zu fördern. Für eine durchgehende Wegekette ist der Aufbau auch in Wohngebieten eine Möglichkeit, um für den Quellverkehr ein entsprechendes Angebot zu schaffen.

3 Stand der Umsetzung

Aufbauend auf den Erkenntnissen der Forschung bzw. den vorhergehenden Kapiteln, werden nun drei ausgewählte Städte auf ihre öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur für Elektroautos hin analysiert. Im Stand der Umsetzung werden Verortungsstrategien in der Praxis aufgezeigt und bestehende Verbindungen zu einer nachhaltigen und gesunden Mobilität beleuchtet. In einem Zwischenfazit werden im Anschluss die Erkenntnisse zusammengefasst und Forschungslücken für die empirische Untersuchung identifiziert.

3.1 Fallbeispiel Oslo

Die Kommune Oslo baut die öffentliche Ladeinfrastruktur für Elektroautos seit 2008 massiv aus und unterstützt den Markthochlauf der E-Mobilität durch Subventionen und Vorteile für Nutzer und Käufer von Elektroautos. Einige existieren seit 1990, wie z.B. die Befreiung der Zulassungsgebühr für E-Autos. Weitere vom Staat geschaffene Anreize sind eine freie Fahrt auf Mautstraßen, der Entfall der Mehrwertsteuer und der jährlichen Straßensteuer sowie die Nutzung der Busspuren. Die Kommune Oslo verstärkte die Anreize anfangs durch das freie Parken und das freie bzw. verbilligtes Laden der E-Autos. Dadurch wurden früh günstige Bedingungen für den Erwerb eines elektrifizierten Pkw geschaffen. So machen Elektroautos heute einen Anteil von 76 % an allen Neuzulassungen aus (vgl. Portvik 2020: 2).

Durch den hohen Anteil an Elektroautos fällt deren privilegierte Behandlung zunehmend zu Lasten des Umweltverbands. So kommt es auf den für E-Autos frei befahrbaren Busspuren zu Staus und Behinderungen des ÖPNV. Daher wurden einige Maßnahmen wieder zurückgenommen (vgl. Loveday 2014).

Eine Besonderheit in Oslo ist das Verhältnis der Anzahl von öffentlichen Ladepunkten zu Elektroautos, welches sich über die letzten zehn Jahre im Verhältnis zu immer mehr Elektroautos und weniger Ladepunkten verschoben hat. So veränderte sich das Verhältnis von 4 zu 28 Fahrzeugen pro Ladepunkt (vgl. Portvik 2020: 12).

In der 2016 veröffentlichten Klima- und Energiestrategie von Oslo manifestiert die Kommune fünf Nachhaltigkeitsziele im Bereich „urbane Entwicklung und Transport“ (vgl. City of Oslo 2016: 27). So soll der Autoverkehr bis 2030 um 1/3 sinken und der Anteil des Umweltverbands am Verkehrsaufkommen steigen. Basierend auf diesen Zielen werden die Flächennutzung, der Transport und die Infrastrukturinvestitionen entsprechend geplant und der Fokus auf eine nachhaltige Verkehrsentwicklung gelegt. Dafür werden die Stadtstrukturen entlang der Bahn- und Metrostrecken sowie der Knotenpunkte des ÖPNV weiterentwickelt und verdichtet.

Eine zentrale Maßnahme ist der gezielte Ausbau der Fahrradinfrastruktur. Um die neuen Mobilitätsziele zu erreichen, schafft die Kommune mehr Raum für Radfahrende, reduziert Parkflächen, erhöht die Parkgebühren und sperrt Straßen für den Autoverkehr (vgl. City of Oslo 2016: 16). Nach dem „National Transport Plan“ (NTP) soll neu aufkommender Verkehr durch den Umweltverbund gedeckt und Stationen sowie Hubs um Knotenpunkte des ÖPNV herum für den Ein-, Aus- und Umstieg ausgebaut werden. Große Teile des hinzukommenden Verkehrsaufkommens können durch aktive Mobilität gedeckt werden. So soll bis 2025 etwa 25 % des täglichen Verkehrs über das Rad abgedeckt und Radschnellwege gebaut werden. Im Vordergrund stehen sichere und attraktive Radwege für eine ganzjährige Nutzung. Dafür sind attraktive Bedingungen eine Voraussetzung. Innovative Technologien sind für die Verkehrswende jedoch nicht ausreichend. Sie leisten nur einen Beitrag für eine nahtlose, individuelle und nachhaltige Mobilität (vgl. Norwegian Ministry of Transport and Communications 2017: 21 ff.).

Daraus ergeben sich für die Planung und Integration der E-Ladeinfrastruktur Kriterien für urbane Räume. Die Ladeinfrastruktur muss demnach durch hervorragende Sichtbeziehungen schnell und deutlich erkennbar sein, um die Bevölkerung für deren Nutzung zu motivieren. Es wird auf eine ausreichende Breite der Fußwege, eine gute Übersicht im Straßenraum, hohe Verkehrssicherheit und Zugangspunkte zum ÖPNV geachtet. Zudem sind die Kosten für den Ausbau am Standort rahmengebend, da die Bebauung und der Erwerb von Flächen zu unverhältnismäßig hohen Kosten führen kann. Das Stromnetz ist nicht überall in gleicher Qualität ausgebaut und leistungsfähig. Dies führt zu Planungseinschränkungen (vgl. Portvik 2020: 8).

Um den steigenden Anforderungen durch den fortschreitenden Hochlauf der E-Mobilität gerecht zu werden, verfolgt die Stadt Oslo einen flexiblen Ansatz. Dieser sieht vor, bei Bedarf Schnellladepunkte in Kooperation mit privaten Akteuren entlang der Hauptverkehrsstraßen zu etablieren, die in die Stadt hinein- und hinausführen. Der Fokus bezüglich des ruhenden Verkehrs wird auf die Bündelung von Ladeinfrastruktur in Parkgaragen für Elektroautos gelegt. Es werden sogenannte „centre of excellence“ und „green mobility houses“ für gehobene Ansprüche aufgebaut, in denen es flexible Smart-Grid-Ladelösungen⁶ und vorab buchbare Slots gibt. Der Großteil an Ladeinfrastruktur soll im privaten Bereich aufgebaut werden. Jedoch leben 61 % der Bevölkerung in Apartments oder Mehrfamilienhäuser in der Stadt, ohne einen privaten Stellplatz zum Laden eines E-Autos zur Verfügung zu haben (vgl. ebd.: 12).

⁶ „Intelligente Stromnetze (Smart-Grids) kombinieren Erzeugung, Speicherung und Verbrauch. Eine zentrale Steuerung stimmt sie optimal aufeinander ab und gleicht somit Leistungsschwankungen – insbesondere durch fluktuierende erneuerbare Energien – im Netz aus.“ (UBA 2013).

Die Stadt durchlaufen Ringstraßen, die als Hauptverkehrsstraßen fungieren. Eine Besonderheit ist, dass das Innenstadtgebiet innerhalb des ersten Rings seit 2019 nach dem Leitbild einer „Stadt für Menschen“ autofrei gestaltet wird. Dafür wurden bereits über 700 Parkplätze entfernt und für Grün- und Aufenthaltsflächen sowie Infrastrukturen der aktiven Mobilität genutzt (vgl. Adele 2019). Ergänzend wurden der ÖPNV ausgebaut und rund um den Innenstadtbereich öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur in Parkhäusern geschaffen.

Zwei der größten Parkgaragen für Elektroautos in Oslo befinden sich südlich bzw. nördlich der Innenstadt. Die am südlichen Innenstadtrand gelegene Garage in der Festung „Akershus“ bietet mit insgesamt 86 Ladepunkten ein konzentriertes Angebot an Lademöglichkeiten für Elektroautos. Neben der Aufrüstung aller Parkflächen mit Ladeinfrastruktur wurde die Anzahl der Parkplätze insgesamt reduziert. Dadurch soll es zu weniger MIV kommen und die E-Mobilität sowie der Umweltverbund durch freiwerdende Flächen gefördert werden. Der Zugang und die Verfügbarkeit sind digital über eine App abrufbar. Die kostenlose Stand- und Ladezeit beträgt 10 Stunden (vgl. Norsk elbilforening 2017). Nördlich des Innenstadtrings befindet sich zwischen der ersten und zweiten Ringstraße das Parkhaus „Vulkan“ mit über 100 Ladepunkten und einigen Schnellladesäulen.

Somit wurde die Ladeinfrastruktur nahe dem dichten Innenstadtgebiet gebündelt verortet und sich auf den Aufbau innerhalb von öffentlichen Parkhäusern und Garagen konzentriert. Dadurch kann eine besonders hohe Dichte an Ladesäulen erreicht werden und der öffentliche Straßenraum wird von wenig ruhendem Verkehr belastet. Der Aufbau von Ladepunkten ist in einem Parkhaus mit 47 000 NOK finanziell zudem attraktiver als am Straßenrand (60 000 NOK) (vgl. ebd.).

Außerhalb des Stadtzentrums sind Ladestationen ebenfalls gebündelt organisiert. Häufig sind die Standorte mit vier bis acht Ladepunkten ausgestattet, vereinzelt sogar mit zehn bis zwanzig, wie in der „Kongsvingergata“. Vereinzelt bilden die Ausnahmen. Ladestationen wurden häufig auf Nebenstraßen platziert und selten an viel befahrenen Haupt- und Durchgangstraßen.

Ergänzend zu den öffentlichen Ladesäulen am Straßenrand, unterstützt die Kommune sogenannte Energiestationen, welche einen Beitrag zur Klima- und Energiestrategie leisten (vgl. City of Oslo 2016: 18). Demnach werden konventionelle Tankstellen zu E-Tankstellen umgerüstet und Zapfsäulen entsprechend durch Schnellladesäulen ersetzt. Dadurch entstehen Schnellladehubs mit gebündelter Infrastruktur im Tankstellenformat (vgl. Schwierz 2019). Akteure reagieren somit auf den zunehmenden Bedarf nach Lademöglichkeiten in urbanen Gebieten.

Nicht eindeutig ersichtlich sind multimodale Verknüpfungen mit der aktiven Mobilität. Die Notwendigkeit einer Strategieänderung bestätigt auch die Kommune Oslo, indem zukünftige Lösungen nicht ausschließlich auf einer Erweiterung der Ladepunkte, sondern mehr auf dem integrierten Aufbau von Mobilitätshäusern liegen wird. Dort sollen verschiedene Mobilitätsangebote gebündelt bereitgestellt

werden (vgl. Harms 2017). Dies sind neben der Möglichkeit Elektroautos zu parken und zu laden auch E-Fahrräder, E-Motorräder und E-Scooter, um kurze Zwischenwege und die letzte Meile nachhaltig und effektiv zu gestalten.

Oslo zeigt mit seiner weitgehend autofreien Innenstadt und der Verortungsstrategie in den umliegenden Bezirken, dass eine Bündelung der Ladeinfrastruktur ein wichtiges Kriterium bei der Verortung sein kann. Dadurch wird mehr Platz für den Ausbau von nachhaltigen Mobilitätsalternativen des Umweltverbands geschaffen, die aktive Mobilität gefördert und die Aufenthaltsqualität in den Innenstadtbereichen erhöht.

3.2 Fallbeispiel Amsterdam

Amsterdam zeichnet sich durch eine dichte Stadtstruktur aus, in der 70 bis 90 % der Pkw-Fahrer Laternenparker sind und keinen privaten Parkplatz zu Verfügung haben. Das Ziel der Ladeinfrastrukturverortung in Amsterdam ist die Beseitigung der Barrieren für die Nutzung von Elektroautos und den Übergang der fossilen zur elektrischen Mobilität. Dabei wurde sich anfangs auf die Lösung des Henne-Ei-Problems konzentriert, wofür verlässlich verfügbare Lademöglichkeiten eine Voraussetzung sind (vgl. Grassigny 2018a). Die Verortungsstrategie basiert auf zwei Konzepten, nach denen Ladepunkte im öffentlichen Raum verortet werden.

Einerseits basiert die Verortung auf einem On-Demand gesteuerten Ansatz. Demnach können Nutzer beeinflussen, wo Ladesäulen aufgebaut werden sollen. Diese Punkte sind im Ergebnis häufig deren Wohnsitze. Für den Aufbau der Ladesäulen muss jedoch öffentlicher Raum privatisiert werden. Diese nutzerfokussierte Vorgehensweise ist aus Sicht der Stadtverwaltung und anderer Nutzer des öffentlichen Raumes nicht optimal. Dadurch soll jedoch die Verfügbarkeit einer freien Ladestation verbessert werden. Problematisch dabei ist ein ständiges Ungleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage und dem resultierenden Nachsteuern beim Infrastrukturausbau. Es besteht das Dilemma einer nicht haltbaren Verfügbarkeitsgarantie oder einem Überangebot an Ladepunkten und der Inanspruchnahme des öffentlichen Raums. Zudem entsteht ein bedarfsgetriebenes Konzentrationsungleichgewicht im Infrastrukturnetz an nutzerfrequentierten Hot-Spots. Diese spiegeln den aktuellen Bedarf wider, sind jedoch wenig zukunftsorientiert. Daher wurde das Vorgehen, ausschließlich nach diesem Ansatz zu verfahren, gestoppt (vgl. ebd.).

Andererseits wird darauf aufbauend ein Konzept verwendet, nachdem keine Verortungspunkte, sondern Areale im Mittelpunkt stehen. Dadurch werden die Fußwegedistanzen der Nachbarschaften innerhalb eines Quartiers minimiert. Hier gibt es zwei zentrale Standortkriterien. Zum einen werden Ladepunkte an möglichst neutralen öffentlichen Räumen verortet, bei denen die geringsten Einschränkungen für weitere Verkehrsteilnehmer zu erwarten sind. Dies kann z.B. eine Straßenecke sein. Dadurch werden

andere Akteure bei ihrem öffentlichen Aufenthalt und in ihrer Mobilität weniger eingeschränkt und die Privatisierung strategisch wichtiger Bereiche wird vermindert. Zum anderen müssen die Standorte in fußläufiger Distanz liegen, wobei eine Entfernung von unter 200 Metern als guter Wert gilt. Dieser Verortungsansatz ist sehr effizient, leidet aber unter einer geringeren Verfügbarkeit an geeigneten Flächen. Die Gefahr besteht, dass immer weitere Distanzen auf der Suche nach einem freien Ladepunkt akzeptiert werden müssen (vgl. ebd.).

Um dieser Problematik entgegenzuwirken, stützt sich das Verortungskonzept in Amsterdam auf datenbasierte Analysen der Ladeinfrastruktur und des Nutzerverhaltens. Dadurch wird die Ladeinfrastruktur bedarfsgerecht verstärkt. Durch Nutzerprofile (Pendler, Anwohner, Car-Sharing-Nutzer, Taxis) und Belegungsdaten der Ladepunkte werden Performance-Profile der Ladespots erstellt und Implikationen für den weiteren Ausbau abgeleitet, da bestimmte Nutzergruppen wie Taxifahrer oder Nutzer des Car-Sharings unterschiedliche Ladeanforderungen haben. So wird beurteilt wo, in welchem Rahmen und ob überhaupt ein zusätzlicher Ladepunkt verortet wird. Bei der Standortwahl werden zusätzlich Faktoren, wie statistische Netzwerkdaten der Infrastruktur, die Identifikation gesättigter Areale durch grenzwertige Belegungsdaten und Möglichkeiten des Stromnetzausbaus bei steigendem Bedarf mit einbezogen (vgl. Grassigny 2018b).

In Amsterdam werden verschiedene Ladeinfrastrukturkonzepte umgesetzt. Im öffentlichen Straßenraum sind einzelne Ladesäulen für Laternenparker mit jeweils zwei Ladepunkten häufig vorzufinden. Diese werden vereinzelt auch in bestehende Straßenobjekte wie Laternen oder Stromkästen integriert, um den öffentlichen Raum zu entlasten (vgl. van der Giessen u. a. 2018: 26). Ein Fokus beim Ladeinfrastrukturausbau im (halb)öffentlichen Raum liegt auf Quartiersgaragen wie Tiefgaragen und Parkhäuser. Dort ist eine massive Bündelung an Ladepunkten möglich.⁷ Zudem konzentriert sich der Ausbau auf Park&Ride-Plätzen, privaten Stellplätzen in Wohngebäuden bzw. auf den Grundstücksflächen, um Flächenkonflikte zu minimieren. Dafür sollen Parkgaragen und Ladeinfrastruktur in den Bebauungsplänen als Standard etabliert werden. Dadurch soll der ruhende Verkehr im öffentlichen Raum reduziert, die Aufenthaltsqualität erhöht und mehr Platz für den Infrastrukturausbau von aktiven Mobilitätsformen geschaffen werden (vgl. ebd.: 26 f.).

Die Schnellladeinfrastruktur wird an strategischen Punkten wie Taxiständen oder entlang verkehrsträchtiger Korridore geplant, da der Bedarf an schnellen Ladungen dort am größten ist.⁸ Im Jahr 2020 erteilte die Metropolitanregion Amsterdam eine Erlaubnis für den Ausbau von Tankstellen zu Ladehubs (vgl. Zugehör 2020). Im Stadtgebiet existieren bereits vereinzelt E-Tankstellen. Diese

⁷ Ein Beispiel für eine öffentlich zugängliche Parkgarage mit gebündelter Ladeinfrastruktur befindet sich in der „Ruysdaelkade“ mit über 70 Ladepunkten.

⁸ Eine strategische Schnellladeinfrastruktur befindet sich in Form eines Taxistands am zentralen Hauptbahnhof.

zeichnen sich durch einen Parkplatz mit Normal- und Schnelladesäulen sowie vereinzelt Sitzgelegenheiten und Bistros aus, sind jedoch nicht die Regel.

Bei guten Platzverhältnissen werden sogenannte Charging Plazas errichtet. Dabei handelt es sich um eine Bündelung von mehr als zwei Ladestationen, welche dieselbe Stromversorgung nutzen und nicht separat an das Stromnetz angeschlossen sind. Dementsprechend wird die zur Verfügung stehende Energie auf die verschiedenen Ladepunkte aufgeteilt. Ziel ist es zentrale, gut sichtbare und flexible Ladeplätze für Elektroautos zu schaffen und somit die Verfügbarkeit am entsprechenden Ladestandort zu erhöhen (vgl. NKL 2019: 3). Dies schafft mehr Sicherheit bei den Nutzern und deren Akzeptanz für die E-Mobilität. Am Platz „Raamplein“ in Amsterdam, welcher im dichten Innenstadtbereich liegt, eine direkte Anbindung an den ÖPNV besitzt und sieben Ladepunkte über einen zentralen Netzanschluss bereitstellt, wurde dieses Konzept realisiert.

40 % der Elektroautofahrer nutzen jährlich mehr als fünf Ladestationen. Damit besitzen 60 % der Nutzenden eine gewisse Standortsensibilität. Somit findet deren Suche nach einer freien Ladestation in einem standortspezifischen Radius statt. Das gilt auch, wenn der bevorzugte Ladepunkt nicht verfügbar ist (vgl. Grassigny 2018b). Werden Ladestationen nun gebündelt in Form von Ladehubs mit guter Verfügbarkeit bereitgestellt, kann dies eine verkehrslenkende Wirkung bezüglich der Priorisierung dieser Standorte haben. Dadurch kann dem Durchgangs- und Park- bzw. Ladesuchverkehr entgegengewirkt werden. Der Nachteil eines Hubs mit zahlreichen Ladepunkten im Straßenraum ist der benötigte Platzbedarf. Besonders in dicht bebauten Innenstadtbereichen sind Charging Plazas aus Platzgründen oft nicht realisierbar (vgl. Grassigny 2018a).

Multimodale Verknüpfungen existieren bei den Charging Plazas hinsichtlich des ÖPNV. Zudem unterstützt die Kommune als Projektpartner der „eHubs“ multimodale Verkehrsangebote. Dabei handelt es sich um Mobilitätsstationen, an denen elektrifizierte Verkehrsmittel wie E-Bikes, E-Lastenfahrräder, E-Scooter oder E-Autos der geteilten Mobilität multimodal verknüpft und genutzt werden können. Strategische Verortungspunkte sind von der Auslegungsgröße abhängig und liegen in Quartieren mit wenigen Ladeparkplätzen für Elektroautos oder an ÖPNV-Stationen und multimodalen Umsteigepunkten (vgl. eHubs 2020).⁹ Durch einen partizipativen Ansatz werden Bürger in den Entscheidungsprozess der Verortung miteinbezogen, um eine möglichst hohe Akzeptanz und Aufmerksamkeit für die Mobilitätsangebote zu erreichen. Diese sind vorrangig zur Überwindung der ersten bzw. letzten Meile gedacht. Als ergänzende Push-Maßnahme werden Parkplätze für den MIV reduziert. Im Ergebnis sollen die Bewohner im Wohnumfeld durch die Umgestaltung der Angebote motiviert werden, ihr privates Auto abzuschaffen. Geplant ist in Amsterdam der Aufbau von 15 bis 20 „eHubs“ in verschiedenen Ausführungen und Größen (vgl. ebd.).

⁹ Beispiele in Amsterdam sind an den Orten „1 Amstel“, „86-hs Sarphatipark“ und „11 Petro de Medinalaan“ zu finden.

3.3 Fallbeispiel München

München nimmt eine Vorreiterrolle bei der öffentlichen Ladeinfrastruktur für E-Autos in Deutschland ein. Im „Integrierten Handlungsprogramm zur Förderung der Elektromobilität in München“ von 2018 ist der Infrastrukturausbau mit dem Handlungsfeld „Laden und Parken“ ein wesentlicher Bestandteil der Strategie zur Verkehrswende. Dabei spielt die Verortung der Ladeinfrastruktur im Umsetzungskonzept eine wichtige Rolle. Die Planung der Ladestandorte folgt einem integrierten Ansatz aus dem Verkehrsentwicklungsplan und dem Ziel einer verträglichen Verkehrsentwicklung. Dementsprechend soll Verkehr vermieden, auf den Umweltverbund verlagert und verbessert werden, wo es notwendig ist (vgl. RAW München 2016b: 9).

Das Kernziel des Standortkonzeptes von München ist es, die Nachfrage nach Lademöglichkeiten bestmöglich zu bedienen. In einem ersten Schritt werden mittels eines Optimierungsmodells, dem „Factory Location Problem“, potentielle Standorte grob im Abstand von 500 Metern lokalisiert. Im Verfahren werden ÖPNV-Haltestellen als Inputdaten verwendet. Diese liegen oft in einwohnerstarken Arealen. Danach erfolgt eine differenziertere Verortung innerhalb von 250 Metern um die ermittelten Punkte herum (vgl. ebd.: 9 f.).

Für die Verortung bei der Detailplanung innerhalb des 250 Meter-Radius existiert ein Katalog mit Ausschluss- und Priorisierungskriterien. Eine Positionierung der Ladeinfrastruktur ist auszuschließen, falls die Verkehrssicherheit darunter leidet und die Barrierefreiheit nicht gewährleistet werden kann. Ladestationen dürfen nur in Mischparkbereichen und nicht exklusiven Anwohnerparkzonen liegen. Die Infrastruktur der aktiven Mobilität findet dort mit den einzuhaltenden Mindestabständen zwischen Ladesäule und Rad- bzw. Gehweg Beachtung. Demnach dürfen keine Rad- oder Gehwege für die Integration einer Ladesäule rückgebaut oder eingeschränkt werden. Es soll verhindert werden, dass Ladekabel über Radwege oder Ladesäulen auf der Radinfrastruktur platziert werden (vgl. Schreier & Gehrlein et al. 2018: 119). Priorisiert werden Standorte, die eine Nähe zu ÖPNV-Haltestellen, eine hervorragende Sichtbarkeit und damit Wahrnehmung im öffentlichen Raum, eine gute Zugänglichkeit sowie Erweiterbarkeit aufweisen (vgl. RAW München 2016a).

Dementsprechend wird Ladeinfrastruktur priorisiert an Hauptverkehrs- und Erschließungsstraßen verortet, an denen die Fußwege zu ÖPNV-Haltestellen möglichst kurz sind. Dies soll eine hohe Vernetzung zwischen Ladesäulennutzenden und dem Umweltverbund fördern. Die Erweiterbarkeit der Standorte sowie des Netzes ist ein Kriterium, da die Strategie auf einem stufenweisen Aufbau der Ladeinfrastruktur basiert. Ausgebaut wird von einem geringen Nachfrageniveau aus. Somit wird das Ziel verfolgt, lokale Standorte und das gesamte Netz, entsprechend der sich ändernden Nachfrage und des gewünschten Angebots, ausbaufähig zu gestalten. Die Möglichkeit zur Bündelung von Ladesäulen wird explizit als ein Evaluationskriterium für Standorte genannt.

Die Schnellladeinfrastruktur wird u.a. durch sogenannte Multicharger realisiert, bei denen ein Ladepunkt der Säule mit einer Leistung von 22 kW und der andere mit 55 kW lädt. Die Stadt München sieht wenig Bedarf für Schnelladesäulen im öffentlichen Raum. Diese bieten zwar eine höhere Ladegeschwindigkeit, kosten jedoch rund das Vierfache einer Normalladesäule und die Mittelspannung sowie der Platzverbrauch sind höher. Damit stellt die Standortfindung von DC-Ladesäulen eine Herausforderung dar. Bei der DC-Verortung wird das Taxigewerbe besonders berücksichtigt, da hier ein besonderer Bedarf nach schnellen Ladungen existiert. „[Daher werden viele Multicharger] an hoch frequentierten Standorten nahe Hauptverkehrsachsen, Ring- und Einfallstraßen und zugleich auch in der Nähe von Taxisständen und den Wartebereichen von Taxis installiert“ (RAW München 2017:12, vgl. Schreier & Gehrlein et al. 2018: 119). Diese sind i.d.R. öffentlich und befinden sich nicht direkt an den Taxisständen, da ein Ladevorgang durch den Prozess des Aufrückens in der Warteschlange nicht effizient ist.

Das Ausbaukonzept gliedert sich in drei Stufen. Zunächst erfolgt der Aufbau einer Basisinfrastruktur in kompakten und einwohnerstarken Innenstadtgebieten des mittleren Rings, welche durch Freefloating-Car-Sharing abgedeckt sind. Der Aufbau ist auf vier Zielgruppen ausgerichtet. Es sollen Lademöglichkeiten für Menschen ohne privaten Parkplatz, für E-Taxis, E-Car-Sharing-Nutzende und den Wirtschaftsverkehr geschaffen werden. In der 2. Stufe wird der Fokus auf den bedarfsgerechten Ausbau gelegt, das Gebiet außerhalb des mittleren Rings erweitert und P&R-Plätze werden mit Ladepunkten ausgestattet. Diese liegen meist an U-Bahn- und S-Bahnhöfen im äußeren Stadtgebiet.¹⁰ Der Fokus der Verortung liegt außerhalb des mittleren Rings auf großen ÖPNV-Haltestellen, da hier zukünftig ein hoher Mobilitätsbedarf und eine hohe Nachfrage nach Lademöglichkeiten erwartet wird (vgl. Schreier & Gehrlein et al. 2018: 120 f.). In der letzten Stufe erfolgt eine Nachverdichtung bestehender Standorte.

Durch eine Analyse des Ladeinfrastrukturbestandes der Stadt München wird ersichtlich, dass vorrangig Konfigurationen aus zwei Ladesäulen bzw. vier Ladepunkten an einem Standort existieren. Standorte mit einer einzelnen Säule oder einer Bündelung von mehr als zwei sind eher selten. Letztere werden i.d.R. als eine Konfiguration aus drei Säulen mit sechs Ladepunkten konzipiert und in der Nähe von U-Bahn-Stationen verortet.¹¹

Multimodale Verknüpfungen sind in München in Form von Mobilitätsstationen zu finden und dienen ebenfalls als Standorte für die Bündelung von Lademöglichkeiten. Zur Verdichtung der urbanen Ladeinfrastruktur wird hier das Projekt City2Share beleuchtet, welches in Modellquartieren Münchens

¹⁰ Beispielhaft sind hier die P&R-Anlagen an den Bahnhöfen Westfriedhof, Oberwiesenfeld, Lochhausen, Fröttmaning und Messestadt Ost zu nennen, welche im äußeren Gebiet um die Stadt herum positioniert sind.

¹¹ Ein Beispiel ist hier der Bonner Platz mit drei Ladesäulen und einer Ladeleistung von jeweils 22 kW pro Ladepunkt (siehe dazu: <https://www.swm.de/mobilitaet/elektromobilitaet/oeffentliches-laden>).

im Zeitraum von 2018 bis Ende 2020 durchgeführt und evaluiert wird. (Landeshauptstadt München 2020). Dabei werden öffentliche Ladepunkte in Mobilitätsstationen innerhalb eines überarbeiteten Sharing-Systems integriert. Das Konzept basiert auf der ersten Mobilitätsstation an der Münchner Freiheit, welche 2014 errichtet wurde und auf die Änderung des Mobilitätsverhaltens abzielt (vgl. Schreier & Gehrlein et al. 2018: 74). Bei den vier im Rahmen des Projektes unterschiedlich ausgelegten Stationen umfasst das Mobilitätsangebot Mieträder mit und ohne Elektroantrieb, Normal- und Schnellladesäulen für E-Car-Sharing und private E-Autos sowie Informationsstelen für das Mobilitätsmanagement.¹² Die Stationen wurden in dichten Innenstadtgebieten mit hohem Parkdruck, engen Platzverhältnissen und Baustrukturen aus der Gründerzeit aufgebaut. Bis auf den Standort im Glockenbachviertel, zeichnen sich alle Stationen durch ihre direkte ÖPNV-Anbindung aus. Häufig sind dies Bus- und Tramhaltestellen.

Die Station am Goetheplatz liegt direkt an einer U-Bahnstation, der Standort am Kidlerplatz in der Nähe von U-, S- und Regionalbahn. Charakteristisch für alle Standorte ist die Lage an Verkehrsknotenpunkten sowie Stadt- und Quartiersplätzen oder am Quartiersrand. Auch innerhalb der Quartiere sind Stationen bei ausreichenden Platzverhältnissen vorgesehen.¹³ Teilweise sind Aufenthaltsflächen integriert worden. Somit werden Mobilität und der qualitativ hochwertige Aufenthalt im öffentlichen Raum wie am Kidler- sowie Zenettiplatz miteinander verbunden. Dies führt zu mehr Akzeptanz der Mobilitätspunkte in der Bevölkerung. Um ausreichend Platz zu schaffen wurden Parkplätze für den MIV entfernt. Die Stationen sind, bezüglich ihres Mobilitätsangebots, unterschiedlich auf den Standort ausgelegt. Innerhalb eines dichten Quartiers wird eher die Vernetzung durch aktive Mobilität als durch Car-Sharing umgesetzt. „[Die optimale Infrastruktur sieht demnach vor,] künftig sowohl an zentralen Umsteigepunkten öffentlicher Verkehrsmittel große Stationen zu haben als auch kleinere Stationen mit reduzierter Ausstattung in den Quartieren zu verankern“ (ebd.: 74). Interviewergebnisse aus einem Evaluationsbericht der Maßnahmen im Feld „Laden und Parken“ legen offen, dass private Autos in einigen Fällen durch Mobilitätsstationen überflüssig werden könnten (vgl. ebd.: 74).

Durch das Angebot von Ladeinfrastruktur für private E-Autos und Car-Sharing-Fahrzeuge, kombinieren die Stationen zwei wichtige Bausteine im Sinne der integrierten Verkehrsplanung. Zum einen werden Ladesäulen für private Autos strategisch an multimodalen Punkten verortet und zugleich die Angebote geteilter Mobilität gefördert, um dem privaten Besitz entgegenzuwirken. Ergänzt wird die Infrastruktur durch gute Serviceangebote, wie z.B. einen Parksuchdienst, unterstützt durch Belegungsdetektoren an

¹² Für die Steckbriefe zu allen Modellquartieren und detailliertere Beschreibungen siehe: <http://www.city2share.de/newsbox-analyse.html>.

¹³ Ein Quartiersrand kann dennoch durch eine dichte Bebauung geprägt sein. Dies ist z.B. bei zwei aneinander angrenzenden Innenstadtquartieren häufig der Fall.

den Stellflächen (vgl. MVG 2020). Bei diesem speziellen Ansatz der Ladeinfrastrukturverortung wird auf die Reduzierung des MIV innerhalb der dichten Stadtquartiere gesetzt.

Ein weiterer Ansatz besteht darin, Ladepunkte durch die Nutzung von Stromkleinverteiltern, wie sie in Laternen existieren, zu realisieren. Laternen bieten für sogenannte Laternenparker Möglichkeiten, ihr Elektroauto am Straßenrand aufzuladen¹⁴. Die Stadt München distanziert sich jedoch nach einer Testphase von Ladepunkten durch Stromkleinverteiler, da es einige gravierende Nachteile gibt. So wird das Beleuchtungsnetz separat vom Stromnetz betrieben, hat also eine eigene Infrastruktur und führt ausschließlich nachts Strom. Zudem ist die Spannung sehr gering, was niedrige Ladeleistungen zur Folge hat. Auch sind keine Stromzähleinheiten aufgrund der kleinen Module vorhanden. Dies führt zur Problematik, dass keine einheitlichen Systeme existieren, was für die Nutzenden jedoch ein wichtiges Kriterium darstellt.

¹⁴ Im Kooperationsprojekt „Light & Charge“ wurden vier Stationen aufgebaut und für den Test freigegeben, die jedoch aufgrund der „Nachtstrom-Problematik“ eigene Netzanschlüsse besitzen.

4 Zwischenfazit

Die analysierten Städte standen anfangs vor der Herausforderung, die Ladeinfrastruktur für E-Autos im öffentlichen Raum bedarfsgerecht und flächenverträglich zu verorten. Dabei galt es auch das Henne-Ei-Problem zu lösen. Die Verortung ist stark abhängig von den örtlichen Gegebenheiten, wie die Wohnstruktur, das ÖPNV-Netz oder die Flächenverfügbarkeit.

Wie das Münchner Modell zeigt, kann der ÖPNV als Orientierungsgrundlage für die grobe Standortfindung dienen oder deren Zugangspunkte gar ein priorisiertes Positionierungsmerkmal darstellen. Auch die Verfügbarkeit von Car-Sharing-Unternehmen dient als Verortungskriterium. Durch die Analyse der Standortmerkmale zeigt sich zudem, dass in der Praxis eine verkehrssichere, für alle Verkehrsteilnehmer gut erreichbare, flexible und zentrale Ladeinfrastruktur mit guten Sichtbeziehungen im öffentlichen Straßenraum anzustreben ist. Dies deckt sich weitgehend mit den Standortmerkmalen aus Kapitel 2.2. Die Verfügbarkeit der Ladeplätze ist für die Akzeptanz der E-Mobilität insbesondere von Laternenparkern ein entscheidendes Kriterium. Dabei sollten Informationen über den Verfügbarkeitsstatus vorhanden und leicht abrufbar sein. Belegungsdetektoren an den Stellflächen sind hier ein Mittel. Eine Reservierungsmöglichkeit der Ladeplätze steigert zudem das Sicherheitsempfinden der Nutzenden.

Flexibel ist eine Infrastruktur dann, wenn sie auf sich ändernde Rahmenbedingungen entsprechend angepasst werden kann. Somit ist die Erweiterbarkeit einzelner Standorte wichtig für einen zukunftsorientierten Ausbau. Die Bündelung von Ladeinfrastruktur wird in den untersuchten Städten in unterschiedlicher Weise und Ausprägung verfolgt. So sind in München selten sechs oder gar mehr Ladepunkte an einem Standort vorhanden. In Oslo sind vier bis acht Ladepunkte die Regel und sogar eine Bündelung mit etwa zehn bis zwanzig Ladepunkten ist an einigen Standorten zu finden. Oslo und Amsterdam zeigen, dass der Problematik des Platz- und Strombedarfs der Ladepunkte und Parkflächen im öffentlichen Straßenraum mit dem gebündelten Infrastrukturausbau in Quartiersgaragen und großen Parkhäusern entgegengewirkt werden kann.

Neben Kriterien zur Beachtung des Fuß- und Radverkehrs bei der Positionierung der Ladepunkte unterstützt auch die gebündelte Verortung in straßenraumentlastenden Parkeinrichtungen für den MIV die kommunalen Ziele der Förderung einer aktiven Mobilität und des Umweltverbunds allgemein. Aufgrund der Flächenumverteilungen zugunsten des Umweltverbunds sollte die Ladeinfrastruktur ohnehin sehr bedacht und möglichst gebündelt verortet werden. Ladepunkte an jeder Laterne in dichten Wohnquartieren erscheinen hier nicht empfehlenswert.

Bei der Förderung der E-Mobilität offenbart das Osloer Beispiel ein Risiko für die nachhaltige und gesunde Mobilität. Die starke Zunahme an elektrifizierten Fahrzeugen kann zur Überlastung der

Infrastrukturen führen. Dies betrifft die Verfügbarkeit von Ladesäulen ebenso wie den fließenden Kfz-Verkehr. Die Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum kann den Großteil des Ladebedarfs der E-Mobilität langfristig nicht decken. Dafür sind nicht ausreichend Flächen vorhanden und auch ökonomisch ist dieser Ansatz fragwürdig. Zudem ist das Stromnetz ein restriktiver Faktor. Somit sollte die Verortung von Ladepunkten auf bestimmte Nutzergruppen abzielen. Andernfalls droht ein Stau-Szenario wie in Oslo, wenn eine vollkommene Elektrifizierung des Verkehrs angestrebt wird.

Um neben der Antriebswende auch auf das Mobilitätsverhalten der Menschen hin zu weniger privatem Pkw-Besitz und der Nutzung nachhaltiger Mobilitätsformen einzuwirken, sollte die Ladeinfrastruktur in multimodale Verkehrssysteme eingebunden werden. Hier bestehen Möglichkeiten die E-Mobilität mit dem ÖPNV und dem Radverkehr zu integrieren. Die Beispiele aus Kapitel 3 zeigen, dass es bereits Ansätze und Zielstellungen für eine integrierte Ladeinfrastrukturverortung gibt und der ÖPNV ein Teil der Verortungsgrundlage sein kann. Zur Verortung werden Haupt- und Erschließungsstraßen mit möglichst kurzen Fußwegen zum ÖPNV priorisiert. Oslo verfolgt die Strategie, die letzte Meile und die Zwischenwege über multimodale Verknüpfungen zukünftig besser in das Verkehrssystem zu integrieren. Charging Plazas mit direktem ÖPNV-Anschluss, „eHubs“ oder die Mobilitätsstationen in München bieten in Kombination mit dem elektrifizierten Car-Sharing Möglichkeiten, auf das Verkehrssystem im Sinne einer nachhaltigen und aktiven Mobilität einzuwirken. Eine flächendeckende Verortung multimodaler Umsteigepunkte zusammen mit dem öffentlichen Verkehr aber auch punktuell innerhalb dicht bebauter Quartiere scheint notwendig zu sein, um individuelle, attraktive und alltagstaugliche Mobilitätsangebote zu schaffen.

Bezüglich der Ladeinfrastrukturverortung spielen multimodale Mobilitätsangebote in der Praxis trotz vorhandener Ansätze noch eine untergeordnete Rolle. Im Fokus steht der Basisnetzausbau sowie die Nachverdichtung der Ladeinfrastruktur, bei der die aktive Mobilität ein kleiner Baustein ist. Der On-Demand Ansatz beim anfänglichen Ladeinfrastrukturausbau in Amsterdam offenbart das Risiko für die aktive Mobilität, dass durch die Privatisierung des Raums potentielle Fläche für den Rad- und Fußverkehr zu stark eingeschränkt wird. Durch die Bildung von nachfragegetriebenen Lade-Hot-Spots, entsteht die Gefahr, dass die Attraktivität des MIV unverhältnismäßig stark gefördert wird.

Eine Bündelung der Energiebereitstellung an Ladehubs ist besonders durch eine Schnellladeinfrastruktur möglich. DC-Ladepunkte werden priorisiert entlang von Hauptverkehrsstraßen und -achsen, welche in die Stadt hinein und hinausführen, Ring- sowie Einfallstraßen und in der Nähe von Taxiständen verortet. Zudem zeigt München, dass über sogenannte Multicharger eine Kombination von Normal- und Schnellladepunkten an einer Säule realisiert werden kann. Tankstellen bieten sich als Standorte aufgrund ihrer Infrastruktur für Schnellladehubs an, wie das Beispiel Oslo zeigt.

Durch eine grundlegende Literaturrecherche und der Ladeinfrastrukturanalyse von drei Städten konnten Standortmerkmale für die Ladeinfrastruktur im öffentlichen und halböffentlichen Raum im Sinne einer nachhaltigen und gesunden Mobilität identifiziert sowie deren Anwendung in der Praxis untersucht werden.

Im weiteren Verlauf der Arbeit sollen die Erkenntnisse durch eine empirische Untersuchung vertieft und die Wirkungsweise von verorteter Ladeinfrastruktur auf die Mobilität der Menschen untersucht werden. Es konnte bisher keine eindeutige Antwort auf die Frage gefunden werden, ob viele kleine Einzelstandorte mit z.B. einer Ladesäule und damit ein kleinteiliges Netz oder Ladepunkte an weniger Standorten mit mehreren Säulen gebündelt geplant werden sollten. Ein weiterer Ansatz wäre es, beide Netzstrategien zu kombinieren. In diesem Zusammenhang ist auch zu klären, welchen Stellenwert und Anwendungsbereich Normal- und Schnellladesäulen jeweils in urbanen Räumen einnehmen bzw. abdecken können.

Da multimodale Verknüpfungen die Mobilitätswende unterstützen können, soll weiterhin geklärt werden, inwiefern Synergien bei der Verortung der Infrastruktur für die E-Mobilität und des Umweltverbands sinnvoll und möglich sind. Zudem ist noch nicht ersichtlich, ob Ladeinfrastruktur eine verkehrslenkende Wirkung durch eine zielführende Verortung haben kann. Durch den weiteren Gewinn von Erkenntnissen über die Herausforderungen und Umsetzungsschwierigkeiten in der Praxis sollen Antworten auf diese Fragen gefunden werden.

5 Forschungsdesign

5.1 Methodenwahl

Für die Datenerhebung wurde die Befragung von Experten durchgeführt. Die in dieser Arbeit verwendete Art der Experteninterviews kann den qualitativen Forschungsmethoden zugeordnet werden. In Abgrenzung zu quantitativen Methoden, in denen standardisierte Erhebungsformen einen hohen Grad an Operationalisierung der Forschungsergebnisse zulassen, sind die erhobenen Daten durch einen qualitativen Ansatz nur bedingt messbar und müssen für eine sinnvolle Schlussfolgerung von den Forschenden interpretiert werden (vgl. Ditton & Reinders 2011:46 ff.).

Wie in Tabelle 3 zu sehen, können Experteninterviews durch verschiedene Arten der Befragung durchgeführt werden. Deren Klassifizierung erfolgt nach dem Grad der Standardisierung (vgl. Gläser & Laudel 2006: 39).

Tabelle 3: Klassifizierung von Interviews nach ihrer Standardisierung (in Anlehnung an Gläser & Laudel 2006: 39)

	Fragewortlaut und -reihenfolge	Antwortmöglichkeiten
- standardisiertes Interview	vorgegeben	vorgegeben
- halb-standardisiertes Interview	vorgegeben	nicht vorgegeben
- nicht-standardisiertes Interview	nicht vorgegeben (nur Thema)	nicht vorgegeben (nur Thema)

Bei den Klassifizierungen handelt es sich jedoch um Idealtypen. In der Forschungspraxis werden häufig Interviews durchgeführt, die eine Mischform aus den in Tabelle 3 dargestellten Arten sind und entsprechend der vorhandenen Kenntnisse innerhalb des Forschungsfeldes in die eine oder andere Richtung tendieren (vgl. von dem Berge 2020: 278). Solche Interviews werden demnach auch als teilstandardisiert (semistrukturiert) bezeichnet. Vollstandardisierte Interviews werden beim Vorhandensein von grundlegenden Erkenntnissen durchgeführt und dienen meist dem empirischen Überprüfen von generierten oder bestehenden Hypothesen (deduktiv). Nicht-standardisierte Befragungen kommen bei wenig oder keinen Erkenntnissen zum Einsatz und werden häufig für die Hypothesenbildung genutzt (induktiv). Teilstandardisierte Befragungen können somit sowohl deduktiven als auch induktiven Charakter haben.

Da es sich bei der Verortung von Ladeinfrastruktur um ein relativ neues Thema handelt und es im Zusammenhang mit einer nachhaltigen und gesunden Mobilität bisher wenig Erkenntnisse gibt, wurde in dieser Arbeit ein teilstandardisiertes Datenerhebungsverfahren verwendet. Durch die qualitativen Interviews sollen geordnete Antworten auf die Teilfragen gefunden und flexibel auf wichtige Inhalte genauer eingegangen werden. Dazu wurde ein grundlegender Interviewleitfaden entwickelt, der jedoch in seinen Inhalten flexibel auf den interviewten Experten ausgelegt wurde. Die Kernfragen können dem Anhang entnommen werden. Jedoch wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass der Interviewleitfaden durch offene und expertenspezifische Fragen, welche aus Anonymitätsgründen nicht veröffentlicht werden können, teilweise ergänzt und angepasst wurde. Daher sind die Interviews auf Basis des Leitfadens bezüglich der Ergebnisse nur bedingt vergleichbar. Dies wird dadurch begründet, dass nicht eine hohe Vergleichbarkeit der Antworten, sondern der möglichst umfassende Erkenntnisgewinn im Fokus der Erhebung stand und dementsprechend spezifisch auf die unterschiedlichen Experten eingegangen werden musste.

Für die Datenanalyse wurde sich stark an der Auswertungsmethode der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring orientiert. Dabei wird ein systematisches und regelgeleitetes Vorgehen verwendet, um die Daten durch ein konkretes Ablaufmodell strukturiert auszuwerten. Wichtig hierbei ist, dass die Inhaltsanalyse kein standardisiertes Instrument in immer gleicher Erscheinungsform darstellt. Vielmehr muss dieses an das zu analysierende Material und die spezifischen Fragestellungen angepasst und darauf ausgerichtet werden (vgl. Mayring 2015: 50 f.). Dies wurde, wie folgend beschrieben, durch den Mix aus induktiven und deduktiven Bestandteilen des Analyseverfahrens umgesetzt. Ein zentrales Merkmal der Analyse ist die Kodierung. Dabei werden Kategorien innerhalb eines Kategoriensystems gebildet. Diese werden durch Codes gefüllt, welche das analysierte Material strukturieren und Zusammenhänge aufzeigen.

Aufgrund der relativ neuen Thematik und wenig vorhandenen Erkenntnisse über die Zusammenhänge einer praxistauglichen Verortungsstrategie für Ladeinfrastruktur mit dem Fokus auf nachhaltige und aktive Mobilitätsformen wurde ein hochgradig induktives Verfahren gewählt. Bei einem rein induktiven Prozess werden die Kategorien direkt aus den Daten heraus abgeleitet, ohne bereits vorhandene Theorien für die Kategorienbildung zu verwenden (vgl. Mayring 2015: 85). Jedoch wurden auf Basis der Vorrecherche einige übergeordnete Kategorien deduktiv der Analyse zugrunde gelegt, um die thematische Richtung beim Auswertungsprozess festzulegen bzw. einzugrenzen. Die deduktiv gebildeten Kategorien lauten wie folgt:

- Infrastrukturnetzgestaltung
- Ladepunktconfiguration
- multimodale Verknüpfungen

- Standortmerkmale öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur
- Verkehrslenkung
- Verortungsstrategien

Die vorab festgelegten Kategorien folgen den Fragestellungen aus dem Zwischenfazit, um diese möglichst effektiv beantworten zu können (siehe Kapitel 4).

5.2 Auswahl der Experten

Für eine begründete Auswahl des interviewten Personenkreises wird zunächst der hier verwendete Begriff des Experten charakterisiert. Generell werden Experten als Sachverständige, Fachleute oder Kenner bezeichnet, die ein bestimmtes Spezial- oder Sonderwissen haben. Ein Mensch wird u.a. also dann als Experte bezeichnet, wenn er bezüglich eines Forschungsinteresses ein besonderes Wissen innehat, das der Forschende selbst nicht vorweisen kann. Zudem handelt es sich um ein handlungsfeldleitendes Wissen mit hoher Praxiswirksamkeit, mit dem er einen gewissen Einfluss auf das Interessengebiet des Forschenden ausüben kann (vgl. Bogner u. a. 2014: 9 ff.).

Für die Interviews wurden neun Experten¹⁵ ausgewählt (siehe Tabelle 4). Diese sind in unterschiedlichen Bereichen der E-Mobilität und insbesondere des Ladeinfrastrukturaufbaus tätig. Dadurch soll ein breites Spektrum bei der Gewinnung von Erkenntnissen abgedeckt werden. Ein Großteil der Experten sind kommunalen Einrichtungen (1) zuzuordnen und haben verschiedene thematische Schwerpunkte als Expertise (Verkehrsplaner, Ladeinfrastrukturplaner, multimodale Mobilitätsangebote). Der Fokus auf offizielle Behörden wird zum einen dadurch begründet, dass diese häufig für die Erstellung von urbanen Ladeinfrastrukturkonzepten in den Kommunen zuständig sind und weitreichenden Einfluss haben bzw. rahmengebend sind. Zum anderen liegt der Schwerpunkt der Verortung in dieser Arbeit auf einer nachhaltigen und gesunden (aktiven) Mobilität, welche von kommunalen Akteuren durch politische Rahmenbedingungen in höherem Maße als z.B. von Ladepunktbetreibern mit in den Lösungsfindungsprozess einfließen muss. Ladepunktbetreiber (2) und Energieversorger (3) können spezifische Kenntnisse bezüglich des technischen Umsetzungsrahmens liefern und werden daher ergänzend als weitere Akteure befragt. Für eine gesunde und aktive Mobilität müssen multimodale Mobilitätsangebote mit in die Hypothesenüberprüfung bzw. -generierung einbezogen werden. Daher gehören Unternehmen bezüglich des multimodalen Mobilitätsspektrums (4) mit zum Expertenkreis. Innerhalb des Datenerhebungsprozess stellte sich eine Sättigung des Erkenntnisgewinns nach neun Interviews ein. Zwar konnten nicht alle Fragestellungen eindeutig beantwortet werden, weitere

¹⁵ Die jeweiligen Experten werden im weiteren Verlauf mit „IV“ und ihrer entsprechend zugeordneten Zahl bezeichnet (siehe dazu Tabelle 4).

Interviews brachten jedoch keine neuen Erkenntnisse mehr. Dies zeigt auch auf, dass auf diesem Gebiet gerade aufgrund seiner komplexen Wirkungszusammenhänge weiterhin Forschungsbedarf besteht. Alle Experteninterviews wurden in dieser Arbeit anonymisiert. Eine Anonymisierung fand weitgehend auch bei den Angaben zu den Personen statt. Jedoch sind mit Einverständnis der Befragten mehr oder weniger personen- und unternehmensbezogene Daten in Tabelle 4 enthalten.

Tabelle 4: Befragter Expertenkreis (eigene Darstellung)

Expertenbezeichnung	Herkunftsland	Unternehmensrolle	Stellenbeschreibung ¹⁶	Durchführungsdatum
IV1	Norwegen	offizielle Behörde	kommunaler Berater für E-Mobilität	21.08.2020
IV2	Deutschland	kommunale Verwaltung	Koordination Elektromobilität bei öffentlich zugänglichen Ladestandorten	07.10.2020
IV3	Deutschland	regionaler Energieversorger	Projektmanager – Innovative Geschäftsmodelle (Ladeinfrastruktur)	13.10.2020
IV4	Deutschland	Stadt- und Projektentwicklung	Stadtplanerin – Integrierte Stadtentwicklung sowie Projektleitung in der Forschung (Mobilität und Multimodalität)	16.10.2020
IV5	Deutschland	kommunale Verwaltung	Sachgebietsleiterin - Smart City Strategie- und Projektentwicklung	14.10.2020
IV6	Deutschland	Ladepunktbetreiber	Business Development	23.10.2020
IV7	Deutschland	kommunales Verkehrsunternehmen	Projektmanagement - Mobilitätsstationen	17.11.2020
IV8	Deutschland	offizielle Behörde (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz)	Mitarbeiter in der Gruppe „Verkehrspolitik und strategische Konzepte“	29.10.2020
IV9	Deutschland	kommunale Verwaltung	Mitarbeiter für Aufgaben nach dem Berliner Energiewendegesetz	29.10.2020

¹⁶ Alle befragten Experten beschäftigen sich mit Inhalten des Ladeinfrastrukturaufbaus.

5.3 Empirische Durchführung

Nachdem potentielle Interviewpartner ausgewählt waren, wurden diese zunächst mittels E-Mail kontaktiert. Das Forschungsfeld wurde vorgestellt, um den Experten die Möglichkeit zu geben, ihre eigene Expertise bezüglich der Thematik zu reflektieren. Bei einer Eignung wurden Termine für die Interviews vereinbart. Alle Befragungen erfolgten entweder durch Skype, Teams, Zoom oder das Telefon im Zeitraum vom 21.08.2020 bis 17.11.2020.

Die Interviews wurden mithilfe eines Aufnahmeprogramms mit dem Computer aufgezeichnet, um diese später detailliert auswerten zu können. Die Dauer der Interviews betrug durchschnittlich 49 Minuten. Die Gesprächsdauer variierte unter allen Befragungen von 28 bis 77 Minuten. Die Aufzeichnungen wurden im Anschluss manuell in Microsoft Word transkribiert. Für das Transkribieren wurde die vereinfachte Art der Transkription verwendet. Damit ist die wörtliche Niederschrift der aufgezeichneten Interviews gemeint und nicht die lautsprachliche. Die zusammenfassende Transkriptionsmethode wurde hier nicht gewählt, um einen möglichst hohen Detailgrad bei der Auswertung zu ermöglichen. Eine lautsprachliche Transkription ist bei den erhobenen Daten für das Forschungsfeld nicht relevant. Die vollständigen Transkripte werden aus Anonymitätsgründen nicht veröffentlicht.

Wie in Kapitel 5.1 angegeben, wurden die Daten mit Hilfe eines iterativen Prozessmodells ausgewertet. Dafür wurden alle transkribierten Interviews gelesen und kodiert. Für die Fragestellungen irrelevante Aussagen wurden nicht beachtet. Relevante Kernaussagen basierend auf den Fragestellungen wurden als Selektionskriterium hingegen als Codes aufgenommen. Diese konnten aus Begriffen oder Kurzsätzen bestehen. Die Codes wurden den entsprechenden Textabschnitten zugeordnet. Alle Textabschnitte wurden mit den zugehörigen Codes sowie Kennzeichnungen der Interviewpartner in Excel übertragen. Auf Basis der Codes wurden erste Kategorien gebildet. Bei unverhältnismäßig vielen bzw. wenigen Kategorien wurde der Prozess wiederholt, die Zielführung reflektiert und das Kategoriensystem angepasst. Durch dieses iterative Vorgehen wurde sich zunehmend an die Beantwortung der Fragestellungen angenähert, ohne die Inhalte für eine Interpretation zu stark einzuschränken oder in eine bestimmte Richtung zu lenken. Über die in Excel integrierten Filterfunktionen und Pivot-Tabellen wurden die Daten geordnet für die anschließende Interpretation aufgearbeitet und bereitgestellt. Eine vollständige Liste aller untergeordneten Kategorien befindet sich im Anhang.

6 Ladeinfrastruktur des Forschungsfeldes

Im Folgenden werden die Ergebnisse der empirischen Untersuchung auf ein konkretes Gebiet in Berlin angewendet. Dafür wird das Untersuchungsgebiet zunächst vorgestellt und charakterisiert. Im Kontext der Ladeinfrastrukturverortung wird das Berliner Modell zum Aufbau von öffentlichen Ladesäulen erläutert, die Bestandsinfrastruktur an öffentlichen Ladesäulen im Untersuchungsgebiet analysiert und in der anschließenden Diskussion bewertet. Basierend auf den Untersuchungsergebnissen werden konzeptionelle Vorschläge zur Ergänzung der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur im Sinne einer nachhaltigen, gesunden und integrierten Verkehrsplanung unterbreitet.

6.1 Untersuchungsgebiet Klausenerplatz-Kiez

Als Untersuchungsgebiet für die Analyse wurde der Klausenerplatz-Kiez im Bezirk Charlottenburg-Wilmersdorf ausgewählt. Das kleinräumige Gebiet ist ein dichtes, urbanes und historisch gewachsenes Innenstadtquartier und besteht zu ca. 75 % aus dem Planungsraum (PLR) „Klausenerplatz“ (Schlüssel: 04030416) und ca. 25 % aus dem PLR „Schloßstraße“ (Schlüssel: 04030417). Planungsräume bilden die unterste Ebene in den „lebensweltlich orientierten Räumen“ (LOR), welche die Raumhierarchie in Berlin bestimmen. Die LOR sind die Grundlage für Planung, Prognose und Beobachtungen demografischer und sozialer Entwicklungen in der Hauptstadt (vgl. SenStadtWohn 2020). Für die Abgrenzung eines LOR gelten unter anderem eine einheitliche Baustruktur und Milieubildung, Verkehrsstraßen und große Straßen sowie natürliche Barrieren (vgl. ebd.).

Für eine Vergleichbarkeit des Untersuchungsgebietes mit anderen Forschungsfeldern wird der Modal Split verwendet. Dieser konnte lediglich für den Bezirk Charlottenburg-Wilmersdorf ermittelt werden. Jedoch wird hier von einer ähnlichen Verteilung für den Klausenerplatz-Kiez ausgegangen. Die in Abbildung 5 dargestellten Daten zeigen den Modal Split als Wegeanteile nach den Hauptverkehrsmittelgruppen.

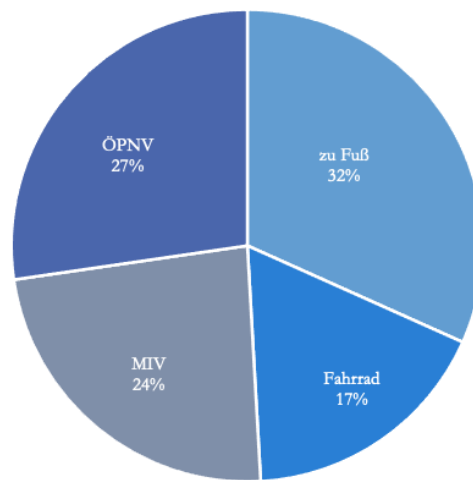


Abbildung 5: Modal Split¹⁷ des Bezirks Charlottenburg-Wilmersdorf (Gerike & Hubrich et al. 2019: Tab 5.3)

Die Fläche des Untersuchungsgebiets erstreckt sich über etwas mehr als 500 000 m². Aufgrund des hohen Anteils am Untersuchungsgebiet (75 %) und des kompletten Einschlusses des PLR (Schlüssel: 04030416) sind die folgenden Daten aus dem Jahr 2018 zur Vergleichbarkeit des Forschungsfeldes auf den PLR „Klausenerplatz“ bezogen. Da hierfür zudem genaue Daten verfügbar und die beiden Planungsräume in ihren für die Untersuchung relevanten Eigenschaften gleich sind, wird hier auf eine detaillierte Charakterisierung des PLR „Schloßstraße“ verzichtet.¹⁸ Nach dem „Monitoring Soziale Stadtentwicklung Berlin 2019“ liegt der Gesamt-Index „Soziale Ungleichheit 2019“ für beide Planungsräume in einem sozial unproblematischen, mittleren und stabilen Bereich.¹⁹

Der PLR „Klausenerplatz“ hat eine Fläche von 476 630 m². Davon sind 124 740 m² Straßenfläche, 234 575 m² werden als größte Fläche der Wohnnutzung zugeschrieben, 17 695 m² sind Park- oder Grünflächen und 16 197 m² zählen zur Gewerbe- und Industrienutzung bzw. lassen sich dem großflächigen Einzelhandel zuordnen. 10 652 Einwohner leben im Jahr 2018 im PLR. Die strukturtypische Prägung zeichnet sich durch eine verdichtete Blockrandbebauung der Gründerzeit aus. Dies betrifft ebenfalls den Großteil der umliegenden Planungsräume (vgl. FIS-Broker 2020a).

Durch die räumliche Konzentration von Quell- und Zielverkehr ist das Untersuchungsgebiet hinsichtlich der Verortung von Ladeinfrastruktur ein geeignetes Forschungsfeld. Hier sei gesagt, dass am

¹⁷ Die Wegeanteile sind nach Hauptverkehrsmittelgruppen eingeteilt. Betrachtet werden alle Wege.

¹⁸ Detaillierte Daten zum PLR „Schloßstraße“ sind dem Geoportal „Fis-Broker“ zu entnehmen: <https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp>.

¹⁹ Der Gesamt-Index „Soziale Ungleichheit 2019“ ergibt sich aus der Überlagerung des Status-Index und des Dynamik-Index. Der Status-Index gibt die soziale Lage im PLR an und liegt im Fall der Planungsräume „04030416“ und „04030417“ auf einem mittleren Niveau. Der Dynamik-Index beschreibt dessen zeitliche Veränderung und ist für beide Planungsräume stabil.

Klausenerplatz-Kiez direkt angrenzende Straßen und Plätze beim Verortungskonzept aufgrund des Einzugsgebietes von Ladepunkten mit betrachtet werden können.

Der Klausenerplatz-Kiez ist an seinen Grenzen sehr gut an das öffentliche Verkehrssystem angeschlossen. Im Nordwesten verkehrt die S41/42 und bietet damit einen Anschluss an das S-Bahn-Ringsystem der Stadt. Die Metrobuslinie M45 sowie die Buslinie 309 verbinden das Gebiet im Norden bzw. Westen mit dem Bussystem. Die nördlich begrenzende Hauptstraße zählt zum ÖPNV-Vorrangnetz (vgl. FIS-Broker 2020b).²⁰ Im Süden ist der Kiez an die U-Bahnlinie U2 angeschlossen. Alle öffentlichen Verkehrsmittel sind von allen Punkten im Untersuchungsgebiet fußläufig zu erreichen und vernetzen das Gebiet innerhalb Charlottenburg-Wilmersdorf und benachbarter Bezirke (siehe Abbildung 5) Innerhalb des Kiezes existieren keine öffentlichen Verkehrsmittel.

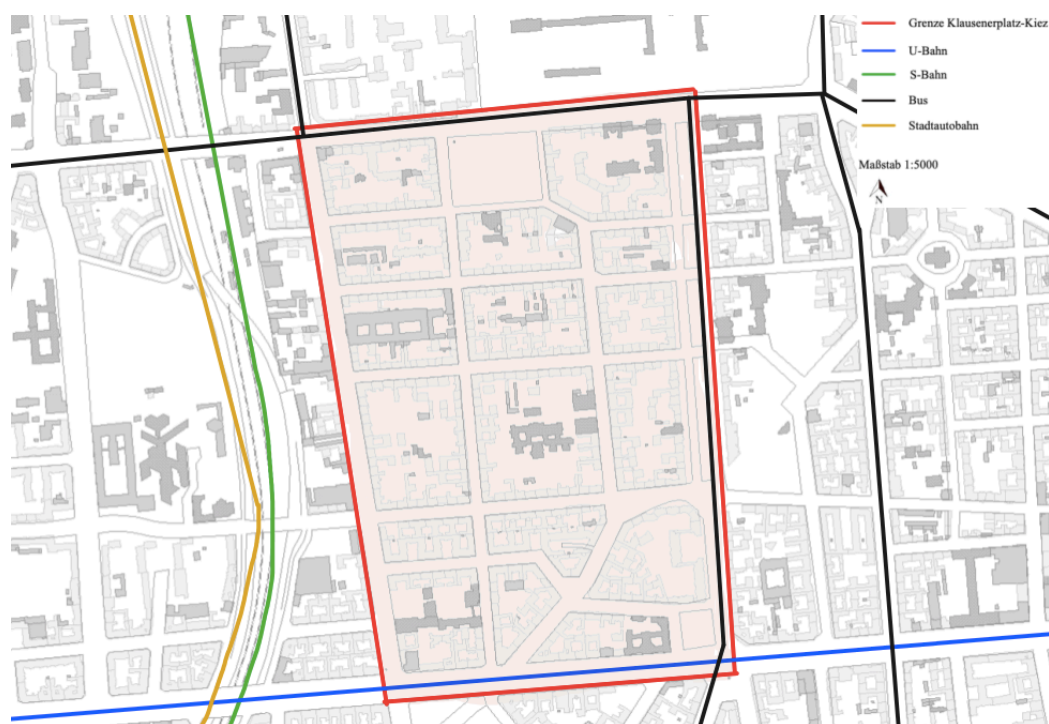


Abbildung 6: Erschließung des Klausenerplatz-Kiezes durch öffentliche Verkehrsmittel und der Stadtautobahn (eigene Darstellung)²¹

Im Nord- und Südwesten existieren Zugänge zur Stadtautobahn. Sämtliche stationsungebundenen Car-Sharing-Dienstleister, wie ShareNow oder Miles sind im Untersuchungsgebiet tätig. Seit 2019 ist mit dem Car-Sharing-Unternehmen WeShare auch ein Anbieter vertreten, dessen Fahrzeugflotte ausschließlich aus Elektrofahrzeugen besteht. Ein stationsgebundener Car-Sharing-Anbieter konnte

²⁰ Das Vorrangnetz umfasst alle Strecken mit einem besonders dichten ÖPNV-Angebot und einer hohen Fahrgastnachfrage.

²¹ Quelle des Kartenmaterials: (Geoportal Berlin / [Detailnetz]; Daten wurden verändert).

Verwendung des Kartenmaterials unter den Lizenzbedingungen „dl-de/by-2-0“; Lizenztext verfügbar unter www.govdata.de/dl-de/by-2-0.

nicht identifiziert werden. Zudem sind stationsungebundene Leihfahrräder und E-Scooter nutzbar und im Untersuchungsgebiet abstellbar. Es existiert keine Parkraumbewirtschaftung. Der Parkdruck ist hoch und das Gebiet von einer problematischen Situation bezüglich des ruhenden und parksuchenden Verkehrs gekennzeichnet (vgl. Kiezbündnis Klausenerplatz e.V. 2020).

Bis auf die umschließenden Hauptverkehrsstraßen und die Teile des PLR „Schloßstraße“ ist der Kiez verkehrsberuhigt (vgl. FIS-Broker 2020c). Dementsprechend ist das Fahren mit Verkehrsmitteln nur mit Schrittgeschwindigkeit zulässig und es herrscht Gleichberechtigung unter allen Verkehrsteilnehmern. Im Konfliktfall haben Fußgänger Vorrang. In verkehrsberuhigten Bereichen dürfen keine Fahrradwege aufgrund der Mischzonennutzung gebaut werden.

Daten zu den Verkehrsmengen wurden 2014 für alle umschließenden Hauptstraßen erhoben (siehe Abbildung 6). Demnach sind die im Osten und Westen angrenzenden Straßen durch ein geringes, die im Norden gelegene Straße durch ein höheres und der südlich begrenzende Kaiserdamm durch ein hohes Verkehrsaufkommen belastet. Mit durchschnittlich 70 000 – 100 000 Kfz je 24 Stunden verläuft die Stadtautobahn mit sehr hohen Verkehrsmengen westlich direkt neben dem Untersuchungsgebiet.



Abbildung 7: Verkehrsmengen - Anzahl der Kraftfahrzeuge je 24 Stunden inklusive Lkw, Motorräder und Busse (DTV) (Umweltatlas Berlin / [Verkehrsmengen 2014])

Für die Betrachtung der aktiven Mobilität liefert das Detailnetz von Berlin eine Übersicht der Radinfrastruktur (siehe Abbildung 7). Aufgrund der Verkehrsberuhigung des Klausenerplatz-Kiezes existieren im Kern keine baulich angelegten Radwege. Die umschließenden Hauptverkehrsstraßen sind jedoch durch beidseitige Radverkehrsanlagen gekennzeichnet. Auf der das Gebiet östlich begrenzenden Schloßstraße ist dies ein Radschutzstreifen, der links vom ruhenden Verkehr angeordnet ist. Die übrigen

Radwege sind auf den Flächen für die Gehwege angeordnet. Zudem werden drei gebietsdurchgängige Straßen als für den Radverkehr besonders gut geeignete Wege ausgewiesen.



Abbildung 8: Verkehrsanlagen im Detailnetz von Berlin (Geoportal Berlin / [Detailnetz Berlin])

6.2 Analyse der Ladeinfrastruktur

Das Berliner Modell

Berlin hat mit dem im Jahr 2015 eingeführten „Berliner Modell“ eines der ersten Ladeinfrastrukturkonzepte in Deutschland entwickelt und Richtlinien für den Aufbau und Betrieb von Ladepunkten im öffentlich zugänglichen Raum geschaffen. Ein zentrales Ziel ist dabei, eine flächeneffiziente und diskriminierungsfreie, also betreiberübergreifend zugängliche Ladeinfrastruktur zu schaffen. Dies soll u.a. durch vertraglich festgelegte Auflagen für entsprechende Akteure abgesichert werden. Bis zum Jahresende 2020 werden rund 1000 Ladepunkte im öffentlichen Raum entstehen (vgl. SenUVK 2020b).

Räumliches Ladeinfrastrukturkonzept

Der Ladeinfrastrukturausbau nach dem Berliner Modell lässt sich bisher in drei Errichtungsphasen einteilen (vgl. SenUVK 2014:2). In der ersten Phase (von 2015 bis Mitte 2016) wurde ein angebotsorientiertes Vorgehen gewählt. Für die Bedarfsermittlung wurden Daten bzw. der Ladebedarf elektrifizierter Fahrzeuge von Car-Sharing-Unternehmen zu Grunde gelegt. Die räumliche Konzentration lag dabei innerhalb des S-Bahnringes in angrenzenden Gebieten und Stadtteilzentren.

Auf Basis der Bedarfsanalyse, dem Ladesäulenbestand, neuen potentiellen Standorten im öffentlichen Raum und deren Eignung zum Ausbau wurde ein Standortkonzept für Berlin ausgearbeitet. Im Ergebnis wurden sogenannte Suchräume gebildet, die Ladebedarfe einzelner Verkehrsbezirke²² bündeln und vorgegebene Räume für die Verortung der ersten Errichtungsphase schafften (siehe Abbildung 8).

²² Die Verkehrsbezirke sind ein Teil des räumlichen Bezugssystems für den Verkehrsbereich in Berlin (siehe dazu: <https://www.berlin.de/sen/uvk/verkehr/verkehrsdaten/teilverkehrszellen-und-verkehrszellen/>).

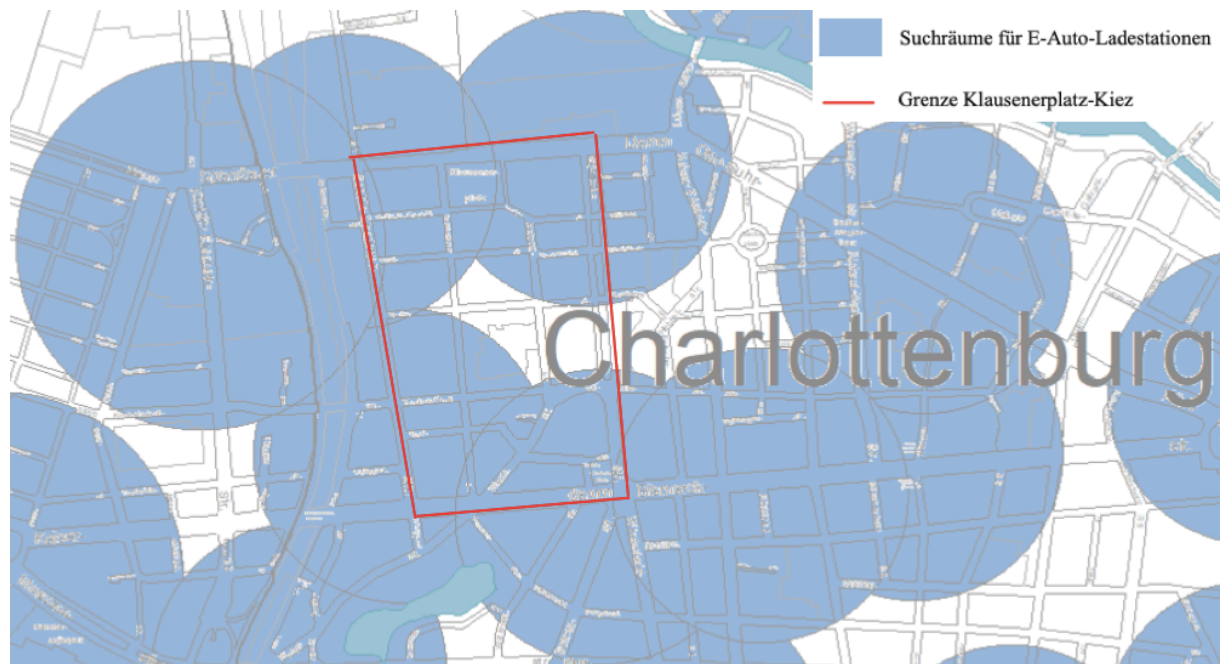


Abbildung 9: Suchräume für E-Auto-Ladestationen im Rahmen des Standortaufbaus nach dem Berliner Modell in der Aufbauphase von 2015 bis 2016 (Geoportal Berlin / [Suchräume zur Erweiterung der Ladeinfrastruktur für Elektroautos])

In der zweiten Errichtungsphase (von 2016 bis 2019) wurde ein nachfrageorientiertes Vorgehen zum Nachjustieren gewählt. Im Zuge dessen konnten Bürger mit einem nachzuweisenden Bedarf an Ladepunkten die Errichtung von Ladeinfrastruktur an ihrer Arbeitsstelle oder ihrem Wohnort beantragen. Die Suchräume beschränkten die Verortung dabei nicht (vgl. SenUVK 2014: 3).

In der dritten Errichtungsphase wurden wiederum durch ein angebotsorientiertes Verfahren, vor allem innenstädtische Areale, für einen ansteigenden Ladebedarf von Car-Sharing-Flotten nachverdichtet (vgl. SenUVK 2020c). Trotzdem spielte die Nachfrage an Ladepunkten für die begründete Auswahl der Standorte eine Rolle (IV8).

Das 3-Stufenmodell des Verortungsprozesses

Für die Auswahl und die Genehmigung der Standorte wird ein 3-Stufenmodell herangezogen. Die Ladesäulenbetreiber bestimmen in der ersten Stufe die potentiellen Standorte und stellen eine Anschlussmöglichkeit an das Berliner Niederspannungsnetz sicher. In der zweiten Stufe prüfen die zuständigen Landes- und Bezirksbehörden die bestimmten Standorte. In der letzten Stufe erfolgt schließlich der konkrete Antrags- und Genehmigungsprozess (vgl. SenUVK 2014: 6).

Standortauswahl

Die Standortauswahl ist ein Teil des 3-Stufenmodells und wird aufgrund der Relevanz innerhalb dieser Arbeit detaillierter beleuchtet. Für die Verortung der öffentlichen Ladeinfrastruktur in den Suchräumen sind bestimmte Verortungskriterien zu beachten (vgl. SenUVK 2014: 8 ff.).

Verortung im Hauptverkehrsstraßennetz: Der Fokus beim Standortaufbau soll sich auf das Hauptverkehrsstraßennetz konzentrieren, um auch den elektrifizierten Verkehr entlang dieser Routen zu bündeln. Dadurch wird u.a. die Entlastung der Wohn- und Erholungsgebiete angestrebt.

Uneingeschränkte Zugänglichkeit: Die Parkflächen dürfen nicht durch zeitliche oder nutzungsspezifische Einschränkungen belegt sein.

Anordnung der Parkflächen: Die Längs- und Senkrechtaufstellung von Parkflächen ist bei der Positionierung von Ladepunkten zulässig.

Sichtbarkeit: Eine gute Auffindbarkeit der Standorte soll bei der Positionierung gegeben sein. Daraus folgt, dass der Beginn oder das Ende einer Parkspur für die Verortung grundsätzlich geeignet sind. Zudem müssen die Wege zu den Ladesäulen für Fußgänger oder Nutzende des Car-Sharings komfortabel gestaltet sein.

Flexible Fahrtrichtungswahl: Für eine gute Zugänglichkeit, sollten Standorte aus verschiedenen Richtungen erreichbar sein.

Räumliche Integration: Die Mindestabstandmaße zu bestehenden Infrastrukturen müssen zwingend eingehalten werden. Rad- und Fußwege dürfen in ihrer Funktion nicht eingeschränkt werden und gelten unter Umständen als Ausschlusskriterien.

Denkmalschutz: Die Verortung von Ladeinfrastruktur muss den Kriterien des Denkmalschutzes genügen. Dies ist insbesondere bei der Positionierung und Gestaltung von Ladesäulen zu berücksichtigen.

Bestandsanalyse

Für elektrifizierte Pkw wurden seit 2019 bereits sechs Normalladesäulen mit jeweils zwei Ladepunkten und einer Ladeleistung von 11 kW pro Ladepunkt im öffentlichen Raum verortet. Diese decken sich auch mit den Suchräumen. Die Ladesäulen werden für die weitere Betrachtung mit L1 bis L6 bezeichnet (siehe Abbildung 9). Im halböffentlichen Raum wurden keine Ladepunkte aufgebaut. Schnelllade- sowie Laternenladepunkte sind ebenfalls nicht vorhanden. Jedoch ist eine Schnellladesäule mit zwei

Ladepunkten und einer Leistung über 100 kW auf einer Tankstelle in der Nähe des Untersuchungsgebiets geplant (vgl. Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG 2020). Das bestehende Netz ist ein kleinteiliges Netz aus einzelnen Ladesäulen. Diese wurden flächendeckend im Untersuchungsgebiet möglichst am Ende einer Straße oder an kreuzungsnahen Punkten verortet. Somit existieren an den Gebietsecken jeweils eine Ladesäule sowie zwei Ladesäulen im Inneren des Klausenerplatz-Kiezes. Eine Bündelung von mehreren Ladesäulen an einem Standort existiert nicht.



Abbildung 10: Vorhandene Ladesäulen für Elektroautos (in Anlehnung an SenWiEnBe 2020)

Basierend auf der Verkehrsinfrastruktur, mobilitätsverhaltensbezogenen Daten sowie bereits vorhandenen öffentlichen Ladepunkten, besteht für das Untersuchungsgebiet mit Bezugsjahr 2018 ein geringer Bedarf an zusätzlich öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur (siehe Anhang C). Zukunftsprognosen zeichnen jedoch ein anderes Bild. So verschiebt sich der zusätzlich benötigte Ladebedarf für Ladeleistungen unter 100 kW im Jahr 2022 auf ein mittleres bis hohes Niveau. Dies ist von den eingestellten Parametern abhängig. Standardmäßig wird mit einem Anteil des privaten Ladens von 85 % gerechnet. Davon kann im Untersuchungsgebiet mit dem Hochlauf der E-Mobilität zunehmend weniger ausgegangen werden. An dieser Stelle wird ein Handlungsbedarf deutlich.

Direkt an einem Radweg wurde ausschließlich L3 verortet. Dieser besteht aus einem Radschutzstreifen und ist links vom ruhenden Verkehr angeordnet. Aufgrund des verkehrsberuhigten Bereiches innerhalb

des PLR „Klausenerplatz“ ist dies auch nur bei den Ladestationen L1 sowie L3 möglich. L6 und L5 liegen auf der für den Radverkehr als gut geeignet ausgewiesenen Knobelsdorffstraße.

Werden ausschließlich die in Abbildung 6 dargestellten Verkehrsmengen betrachtet, sind L1, L3 und L5 günstig positioniert. Diese fangen den Ladesuchverkehr vom Hauptstraßennetz ab und vermeiden in diesem Fall bei einem freien Ladepunkt den Durchgangsverkehr. Zudem sind L1 und L5 an Kreuzungen in unmittelbarer Nähe zu den Auf- bzw. Abfahrten der Stadtautobahn positioniert worden. Auf der gegenüberliegenden Kreuzungsseite von L1 befindet sich außerdem ein Taxistand.

Multimodale Verknüpfungen bestehen hinsichtlich des ÖPNV bei L1, L3 und L6. Diese zeichnen sich durch eine Anbindung an das Bussystem des öffentlichen Nahverkehrs aus. Sonstige multimodale Verknüpfungen wie Radabstellanlagen oder Radverleihstationen direkt an den Ladepunkten wurden nicht identifiziert.

L4 befindet sich auf einer im Quartier befindlichen Straße mit zahlreichen Einzelhandelsgeschäften, einigen Restaurants und Gewerbeeinheiten sowie einer Schule.

Durch die flächendeckende Positionierung im Quartier ist mindestens ein Ladepunkt von jedem Standort aus fußläufig innerhalb von 800 Metern zu erreichen.

7 Diskussion

In der Diskussion werden nun Standorte nach den Ergebnissen der empirischen Untersuchung bewertet und Implikationen für ein integriertes Ladeinfrastrukturkonzept für Elektroautos abgeleitet. Aufgrund des detailliert notwendigen Wissens und der verschiedenen Zuständigkeitsbereiche für die konkrete Planung und Positionierung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur kann hier nur ein konzeptioneller Ansatz diskutiert werden. Ähnlich eines Suchraumkonzeptes werden demnach kleine potentielle Räume für die Verortung von Ladeinfrastruktur gebildet.

7.1 Netzstruktur

Für das Ziel, zukünftig weniger Parkflächen für den MIV im öffentlichen Raum bereitzustellen, mehr Platz für aktive Mobilitätsformen zu schaffen und damit einen Verlagerungseffekt zu bewirken, spielt die Verortungsstrategie und die damit verbundene Netzstruktur der öffentlichen Ladeinfrastruktur eine wichtige Rolle. Für die Beurteilung von Ladeinfrastrukturkonzepten gilt es zu beachten, dass der Ladeinfrastrukturausbau im öffentlichen Raum eine Daseinsvorsorge (IV5) bezüglich der Nutzbarkeit von elektrifizierter Mobilität einnimmt und lediglich als Rückgrat für die E-Mobilität in urbanen Strukturen dient (IV8). Demzufolge kann für den Ausbau in öffentlichen Räumen nicht die Anforderung formuliert werden, langfristig den Großteil des Ladebedarfs für den privaten MIV decken zu können, auch wenn es wie im Beispiel von Oslo momentan möglich ist, ein Elektroauto mit hoher Verfügbarkeit der Ladepunkte ausschließlich im öffentlichen Raum zu laden (IV1). Dass Ladeinfrastruktur hauptsächlich im privaten Bereich aufgebaut werden muss, darüber herrscht unter den Experten Konsens.

Vor diesem Hintergrund wird die Frage näher beleuchtet, ob viele kleine Einzelstandorte mit z.B. einer Ladesäule und damit ein kleinteiliges Netz oder Ladepunkte an weniger Standorten mit mehreren Säulen gebündelt geplant werden sollten und können. Verschiedene Ansätze, die teils eine Bündelung mit einer Einzelverortung kombinieren, wurden bereits in Kapitel 3 erläutert. Der Hintergrund einer Strategie, bei der flächendeckend vereinzelt Ladesäulen positioniert werden, ist stark von der Nutzernachfrage getrieben und weniger von einem integrierten Ansatz geprägt. So wurden Standorte einzelner Säulen anfangs nach Wunsch der Nutzer verortet, um die Antriebswende mittels einer geografisch zielgerichteten Grundversorgung möglichst effizient zu fördern (IV1). Ein zentrales Standortkriterium ist demnach der Nutzer selbst. Dies kommt, wie im Beispiel Amsterdam erläutert, in solch einem einseitigen Verortungsansatz jedoch einer Privatisierung des öffentlichen Raumes gleich. Auch wenn mittlerweile eine Abkehr dieses einseitigen Vorgehens ersichtlich ist, spielt der Nutzer bei der Standortfindung vielerorts noch eine entscheidende Rolle (IV2).

„Ja, ich halte den Ansatz der Grundversorgung plus ein paar Wunschstandorte, für den richtigen Weg.“

Für den Hochlauf der E-Mobilität sind neben dem Bereitstellen von Ladepunkten auch der Wille zur Nutzung entscheidend. Der Kauf eines Autos und die Entscheidung für die Antriebstechnologie geschehen auf freiwilliger Basis. Laternenparker sind i.d.R. auf (halb-)öffentliche Ladepunkte angewiesen. Sind die Ladepunkte aus Nutzersicht ungünstig und weniger flächendeckend verteilt, so sinkt der Wille zum Kauf bzw. der Nutzung eines elektrischen Pkw (IV1). Sicherheitsbedenken und hohe Komforteinbußen überwiegen dann.

Demnach besteht die Notwendigkeit, Fahrern von Elektroautos mit in die Verortung von Ladepunkten einzubeziehen. Auf der anderen Seite schafft ein dichtes und kleinteiliges öffentliches Netz Sicherheit bei den Nutzern und mehr Motivation zum Erwerb eines entsprechenden Fahrzeugs, jedoch kann dies eine entgegengesetzte Wirkung zu den Zielen haben, den MIV zu senken, Parkflächen zu verringern und dem Umweltverbund mehr Platz einzuräumen. IV1 weist darauf hin, dass die Wohnstruktur bei den Möglichkeiten der Verortung und der Bedeutung der öffentlichen Ladeinfrastruktur sowie der E-Mobilität allgemein eine zentrale Bedeutung hat. So ist der Anteil an Elektroautos in dichten Quartieren mit Mehrfamilienhäusern geringer als in Gebieten mit zahlreichen privaten Stellplätzen. Die Potentiale werden zunächst vor allem im privaten Raum gesucht und gefördert. Zudem sind aufgrund der Reduzierung von Parkplätzen Alternativen für das Verorten am Straßenrand erforderlich (IV1).

Somit werden Strategien verfolgt, über die so viel wie nötig und so wenig wie möglich Ladepunkte im öffentlichen Raum aufgebaut werden müssen. Demnach sollte ein kleinteiliges Netz als kritisches Netz verstanden werden, um genug Anreize für die Antriebswende zu schaffen (IV8). Wie die Bestandsanalyse zeigt, sind Ladepunkte fußläufig innerhalb des Untersuchungsgebietes zu erreichen. Ein kritisches Netz, um Elektromobilität mit einem Pkw zu ermöglichen, liegt demnach bereits vor.

Ansätze zur Bündelung von Ladepunkten können auch hinsichtlich der Ladegeschwindigkeit pro Ladepunkt betrachtet werden. Innerhalb der qualitativen Erhebung haben sich hier drei praxisrelevante Konfigurationen herausgebildet. Dies umfasst im wesentlichen Schnellladehubs, Normalladehubs und stadtmöbelintegriertes Langsam-laden²³.

Oslo ist ein Beispiel dafür, um zu zeigen, dass die Bündelung von Ladeinfrastruktur generell zunehmend an Bedeutung gewinnt. Wo der Aufbau von zwei bis vier Ladepunkten an einem Ort üblich war, wird mittlerweile versucht, Standorte zunächst mit bis zu zehn Ladeplätzen auszustatten. Dabei werden

²³ In einigen Fällen existieren Ladesäulen mit mehreren Schuko-Anschlüssen, die ebenfalls mit geringen Leistungen laden. Dabei handelt es sich i.d.R. um Ladesäulen der älteren Generationen. Als Beispiel kann hier Oslo genannt werden.

insgesamt weniger Standorte ausgebaut als bei einem kleinteiligen Netz. Die verortete Infrastruktur wird konzentriert positioniert und weniger im Raum verteilt. Eine erste Konsequenz für die Nutzenden ist, dass diese einen etwas längeren Fußweg vom Ladepunkt zu Ihren Wohnorten zurücklegen müssen. Problematisch bei diesem Vorgehen ist insbesondere der lokale Flächenbedarf, den eine zentral ausgebaut Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum benötigt (IV1).

Gebündelten Ladepunkten können aus Expertensicht mehrere Vorteile zugesprochen werden. Jedoch fallen die Meinungen und Motive bezüglich einer zentralen Ladeinfrastruktur sehr heterogen aus. Dies gilt auch für die Standortmerkmale und Konzepte, über welche eine Bündelung realisiert werden sollte und zeugt von Unsicherheit und nicht ausreichenden Erfahrungswerten auf diesem Gebiet.

Allgemein werden Verkehrsknoten, Großraumsiedlungen aber auch Randbereiche als potentielle Räume für gebündelte Ladepunkte genannt. Alleine aus Nutzersicht ist die höhere Verfügbarkeit der Ladepunkte ein akzeptanzschaffendes Standortmerkmal. Entsprechend IV3 können zentrale Anlaufpunkte für Ladevorgänge einen Beitrag leisten, den Park- bzw. Ladesuchverkehr zu verringern. Zudem muss bei einer steigenden Auslastung weniger schnell nachgesteuert werden, falls Überkapazitäten vorhanden sind (IV2). Bei der Verortung von mehreren Ladepunkten kann durch eine einzige bauliche Maßnahme mehr Bedarf abgedeckt und somit Kosten und Zeit gespart werden (IV5).

Für die Bündelung von Ladeinfrastruktur wird häufig auf Parkhäuser, Tiefgaragen oder P&R-Plätze verwiesen. Dort ergeben sich nach Expertenmeinungen vor allem die Möglichkeiten, eine gebündelte Ladeinfrastruktur flächendeckend aufzubauen. IV3 beschreibt die Konstellation aus Parkeinrichtungen und gebündelter Ladeinfrastruktur als ein realistisches und potentiell vielversprechendes Szenario, um die E-Mobilität zu integrieren. Besonders durch stadtrandnahe Parkhäuser soll ein Teil des MIV davon abgehalten werden, Ladepunkte im Innenstadtbereich zu suchen. Zudem können dort Verknüpfungen zu anderen Verkehrsmitteln des Umweltverbunds, insbesondere dem ÖPNV, geschaffen und die bereits vorhandene Konzentration des ruhenden Verkehrs sinnvoll genutzt werden (IV3). Das Untersuchungsgebiet ist jedoch ein Beispiel dafür, dass derartige Parkeinrichtungen in dichten Quartieren eher selten bis gar nicht vorzufinden sind und diese Integrationsmöglichkeiten somit oft wegfallen.

Im öffentlichen Straßenraum sind alternative Flächen für eine Bündelung knapp und teilweise nicht vorhanden. Gebündelte Infrastrukturen benötigen lokal mehr Fläche als bei einer Verteilung der einzelnen Bestandteile. Die Umsetzung von Konzepten wie den „Charging Plazas“ ist in der Praxis schwer, wenn mit der aktuellen Flächenverteilung geplant wird. IV5 macht deutlich, dass zurzeit mit den vorhandenen Flächen geplant werden muss.

„Wir werden keine zusätzlichen Stellflächen generieren. Eine konventionelle Stellfläche wird also immer verdrängt. Da muss man in dicht besiedelten Räumen ein gewisses Fingerspitzengefühl walten lassen.“

Die Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung muss für einen solchen Ansatz vorhanden sein. So kann der örtliche Widerstand bei zentral aufgebauter und insbesondere nicht ausgelasteter Ladeinfrastruktur in Wohngebieten oder wohnungsnahen Gebieten stark ansteigen, da ein solcher Ansatz die lokale Flächenkonkurrenz schürt (IV2). IV2 ist der Meinung, dass dieses Vorgehen anfänglich eher schwierig umzusetzen sei. Bei ausreichend Bedarf und Nachfrage nach Lademöglichkeiten sei dies aber ein vorstellbares Szenario.

Für die Bündelung von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum eignen sich demnach keine beengten Straßenzüge. Auch Plätze, die für den Aufenthalt bestimmt sind oder Potential für den zukünftigen Aus- oder Umbau bieten, sollten nicht ausschließlich für das Laden von Elektroautos genutzt werden. Im Untersuchungsgebiet eignen sich nach diesen Gesichtspunkten Teile der den Klausenerplatz-Kiez östlich und südlich begrenzenden Hauptstraßen (siehe Abbildung 10). Auch bezüglich der Verkehrsmengen, welche ein Messinstrument des bedarfsgerechten Infrastrukturausbaus darstellen, können diese Straßen als geeignet angesehen werden. Der untere Teil der östlich gelegenen Schloßstraße beinhaltet zwar einen Radschutzstreifen, bietet jedoch ausreichend Platz, um Ladesäulen zu integrieren, ohne dabei den Rad- und Fußverkehr signifikant einzuschränken. Auf dem südlich gelegenen Kaiserdamm sind Parkflächen auf dem Mittelstreifen angeordnet, welche zur Integration von Ladepunkten genutzt werden könnten.

Fast alle Interviewten nennen neben der Fläche auch das Stromnetz als einen großen restriktiven Faktor und eine der größten Herausforderungen bei der Verortung von Ladepunkten. Dies kann schon bei der Positionierung von nur einer Ladesäule kritisch sein. Bei der gebündelten Verortung im Straßenraum ist diese Problematik umso größer. IV3 erläutert, dass die Bündelung von Ladepunkten ein Bestandteil der Verortungsstrategie ist, diesem Ansatz jedoch oft netzseitig seine Grenzen gesetzt sind. Da öffentliche Ladepunkte zudem schwer wirtschaftlich zu betreiben sind, belastet ein aufwändiger Trassenbau die ökonomische Attraktivität der Ladeinfrastruktur zusätzlich und ist in der Praxis ein wichtiges Standortmerkmal.

„Es war einfach nicht möglich, in diesem hoch verdichteten Stadtquartier überhaupt nur eine weitere Ladesäule zu bauen. Ladesäulen haben also auch viel mit vorhandener Stromkapazität zu tun.“

In dichten und historisch gewachsenen Quartieren, wie dem Klausenerplatz-Kiez erscheint der Ansatz Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum von Anfang an als konzentrierte Ladehubs aufzubauen, aufgrund einer Vielzahl restriktiver Faktoren nicht praktikabel und stark von den örtlichen

Gegebenheiten abhängig zu sein. Im öffentlichen Raum sind dem Flächenverbrauch gerade im Innenstadtbereich seine Grenzen gesetzt. IV4 ist der Meinung, dass selbst bei einer ausreichend vorhandenen Flächenkapazität eine kleingliedrige Struktur aufgrund der zielgerichteten Bedürfnisbefriedigung des wohn- und zielortnahen Ladens gewählt werden würde. Bei einer Belegung der Ladesäulen wäre die Distanz zum nächsten freien Ladepunkt somit kürzer.

„Wir können ja aktiv nur das planen, wo wir die Hand darauf haben und das ist nur der öffentliche Raum. Dort sind Flächen, wo ich großartig Ladehubs einrichten kann, eher nicht vorhanden.“

Außerhalb von frei zugänglichen Quartiersgaragen bietet der öffentliche Straßenraum in urbanen Strukturen aktuell somit wenig Potential, um massiv Ladeinfrastruktur gebündelt zu verorten. Im halböffentlichen Raum dagegen sind diese Potentiale aufgrund der vorhandenen Flächen durch z.B. Kundenparkplätze eher vorhanden. Zudem kann der Forderung des Interessenverbandes des Fußverkehrs (FUSS e.V.) besser entsprochen werden, Ladeinfrastruktur auf Parkplätzen und nicht auf Gehwegen zu bauen (vgl. FUSS e.V. 2020).

Im Untersuchungsgebiet existieren vier große halböffentliche Parkflächen, die einen direkten Zugang zu den Hauptverkehrsstraßen im Norden bzw. im Westen haben und den Klausenerplatz-Kiez somit von zwei Seiten bedienen (siehe Abbildung 10). Dabei handelt es sich um zwei Flächen des Einzelhandels (Supermarkt) und zwei Flächen vor dem Schloss Charlottenburg. An diesen Stellen könnte theoretisch ein Großteil des Ladebedarfs durch gebündelte Ladepunkte abgedeckt werden.

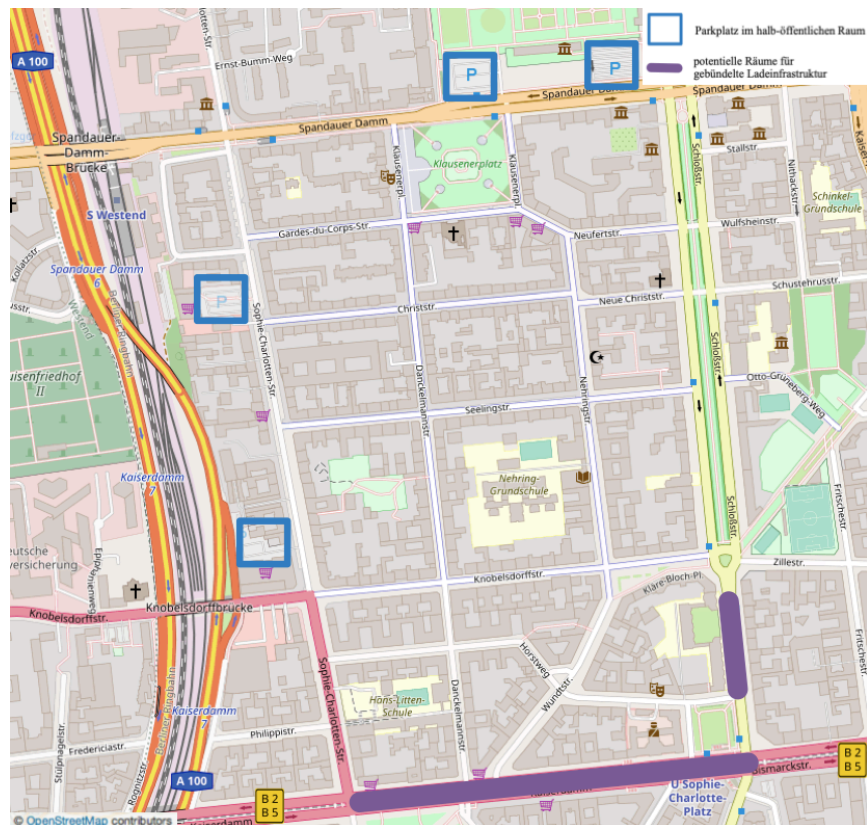


Abbildung 11: Potentielle Standorte gebündelter Ladeinfrastruktur (eigene Darstellung verändert nach OpenStreetMap contributors²⁴)

Zudem wird dadurch das Destination-Charging²⁵ unterstützt, welches von IV3 und IV5 als ein wünschenswertes Standortmerkmal angegeben wird und dem Lade-Use-Case „shop&charge“ entspricht. IV3 ist der Meinung, dass die Strategie des Infrastrukturausbaus auf das Destination-Charging ausgerichtet sein und der Aufbau innerhalb von Wohngebieten für Laternenparker vermieden werden sollte. Diese Aussage wurde jedoch unter der Annahme getroffen, dass Stellflächen für den MIV vor den Wohnungen in guter Verfügbarkeit vorhanden sind. Dies ist im Klausenerplatz-Kiez nicht der Fall.

Eine gute Wahrnehmbarkeit der Standorte ist bei der Verortung wichtig und wird durch eine strategisch günstige Positionierung auf den halböffentlichen Parkflächen des Einzelhandels gefördert (IV3). So werden der Aufbau von Ladesäulen auf Kundenparkplätzen im „Masterplan Ladeinfrastruktur“ der Bundesregierung bis zum Jahr 2030 als ein Bestandteil des Infrastrukturaufbaus betrachtet und Akteure zum Öffnen ihrer Flächen für das nächtliche Laden aufgefordert (vgl. Bundesregierung 2019: 8). Auch der Handelsverband Deutschland (HDE) reagiert und veröffentlichte im Jahr 2018 einen Leitfaden für private Akteure zum Aufbau von Ladesäulen auf Kundenparkplätzen (vgl. HDE 2018).

²⁴ Quelle des Kartenmaterials: OpenStreetMap contributors; Lizenz: Open Database License (ODbL).

²⁵ Das Destination-Charging steht für das Laden am Zielort. Dort sind i.d.R. Möglichkeiten zur Zeitüberbrückung vorhanden.

Problematisch beim Aufbau im halböffentlichen Raum ist die teils fehlende Motivation vieler privater Akteure mangels attraktiver Geschäftsmodelle Ladeinfrastruktur auf ihren Flächen zu integrieren. Generell ist der kostendeckende Betrieb von Ladesäulen möglich, die Nachfrage nach Ladepunkten jedoch noch zu gering (IV8). Akteure gehen beim Aufbau demnach in Vorleistung. Die Interoperabilität der Standorte bzw. Ladepunkte muss für eine nutzerfreundliche und nachhaltige²⁶ Ladeinfrastruktur gegeben sein und kann ebenfalls als Standortmerkmal aufgeführt werden. Diese ist im öffentlichen Raum bereits klar geregelt, im halböffentlichen Raum jedoch nicht. Dadurch sind u.a. die Ladebedingungen an den Säulen auf halböffentlichen Flächen variabel (IV8). Hier muss es zu einer Einheitlichkeit kommen.

Eine eindeutige Antwort auf die Frage, ob Ladeinfrastruktur im (halb)öffentlichen Raum gebündelt oder vereinzelt verortet werden sollte, kann an dieser Stelle nicht gegeben werden und ist stark von den Raumstrukturen abhängig. Auch unter den Experten existieren diesbezüglich verschiedene Meinungen und Ansätze.

In einer idealen Welt kann man die Vorstellung haben, die Quartiere vom MIV zu befreien, indem gebündelte Ladeinfrastrukturen den Verkehr indirekt gezielt lenken und der Großteil der Mobilität mit aktiven Formen bewältigt wird. Diese müssten mit der Ladeinfrastruktur verknüpft werden, um eine multimodale Nutzung zu ermöglichen. Bezüglich des MIV bildet sich bei den Experten jedoch die Meinung heraus, dass das Potential für den Umstieg auf den Umweltverbund innerhalb einer Wegekette durch die gebündelte und gezielte Verortung im Straßenraum eher gering ist (IV5; IV2). Durch die gegebenen Rahmenbedingungen und Stadtstrukturen am Beispiel des Untersuchungsgebietes wird zudem deutlich, dass dieses Ziel vorrangig durch einen zentralen Aufbau der Ladepunkte schwer umzusetzen ist.

„Elektroautos haben niedrigere Betriebskosten und sind daher, wenn man die Investition getätigt hat, attraktiver als Verbrenner. Autofahren macht damit also noch sehr viel mehr Spaß.“

Um die Ladeinfrastruktur zielgerichtet in das Mobilitätsgefüge einer nachhaltigen und gesunden Mobilität integrieren zu können, wird der Fokus im weiteren Verlauf auf multimodale Verknüpfungen gelegt, welche sich innerhalb der qualitativen Erhebung als ein wichtiges Element herausgebildet haben.

²⁶ Eine niedrige Interoperabilität führt u.a. zu steigendem Ressourcen- und Flächenverbrauch und höheren vorzuhaltenden Netzkapazitäten aufgrund möglicher Spitzenlasten (IV8).

7.2 Synergieeffekte durch integrierte Ladeinfrastruktur

„Wir haben eine Haushaltsbefragung gemacht und was wir jetzt schon sehr deutlich erkennen können ist, dass gerade die Ladeinfrastruktur an den Mobilitätsstationen viel häufiger genutzt wird als die isolierten Ladestationen.“

Multimodale Verknüpfungen gelten als eine Maßnahme, um den Umweltverbund zu stärken und einem weiteren Zuwachs des MIV entgegenzuwirken (vgl. Harendt u. a. 2017:189). Mit dem Hochlauf der E-Mobilität und der Notwendigkeit einer Ladeinfrastruktur zur Sicherstellung der Betriebsbereitschaft entsteht ein weiterer Baustein, den es in das Mobilitätsgefüge zu integrieren gilt. Die qualitative Erhebung brachte Erkenntnisse über Synergieeffekte bei der Verortung von Ladeinfrastruktur mit anderen Verkehrsmitteln. Diese werden nun im Folgenden erläutert und diskutiert.

Multimodale Verknüpfungen durch Mobilitätsstationen

Mobilitätsstationen sind ein Teil der Ziel- und Maßnahmensammlung für kommunale Mobilitätsstrategien (vgl. NOW GmbH 2019: 53 ff.). Demnach wird die Gestaltung von Bahnhöfen zu Mobilitätsstationen mit Sharing-Angeboten und der Aufbau von Stationen in Wohngebieten empfohlen.

Dabei handelt es sich wie in Kapitel 2.1 erläutert, um multimodale Umsteigepunkte, welche verschiedene Verkehrsangebote bündeln und eine nachhaltige Mobilität ohne privaten Pkw ermöglichen sollen. Unter den Experten gibt es keine einheitliche Definition einer Mobilitätsstation und deren Umfang. Zudem existieren verschiedene Anwendungsbereiche der Stationen. IV2 versteht darunter das Angebot von Car-Sharing in Verbindung mit Bike-Sharing und einer Ladestation für Elektroautos, i.d.R. jedoch keine Bus- oder Taxiintegration. Mobilitätsknotenpunkte oder große ÖPNV-Haltestellen werden ebenfalls als Mobilitätsstationen bezeichnet (IV3) und selbst tankstellenartige Konstellationen finden sich darunter wieder (IV5). Allen gemein ist die multimodale Ausrichtung der Mobilitätsangebote.

In einigen deutschen Städten sind Mobilitätsstationen ein fester Bestandteil der Verortungsstrategie für Ladeinfrastruktur²⁷. Bezüglich der Frage, mit welcher Strategie Ladepunkte in multimodale Verkehrsangebote integriert werden sollten und wo diese wiederum verortet werden, haben die Experten verschiedene Meinungen und unterstützen unterschiedliche Konzepte.

Hinsichtlich der verkehrssteuernden Wirkung bezüglich des elektrifizierten MIV herrscht ebenfalls kein Konsens. Bei der Verknüpfung von Ladeinfrastruktur mit Mobilitätsstationen spielen planerische Faktoren und die allgemeinen Standortmerkmale, wie eine gute Sichtbarkeit im öffentlichen Raum, eine

²⁷ Beispiele für eine Integration von Ladeinfrastruktur an Mobilitätsstationen sind die Städte München und Dresden.

zentrale Rolle (IV5). Vor allem die Aufmerksamkeit erzeugende Wirkung von gebündelten Mobilitätsangeboten im einheitlichen Design ist stärker als der ihrer einzelnen Bestandteile bei einer getrennten Verortung (IV4).

Mobilitätspunkte benötigen Fläche im öffentlichen Raum ebenso wie Ladesäulen. Da Car-Sharing bei vielen Konzepten fester Bestandteil ist und die geteilte Mobilität zunehmend elektrifiziert wird, sind Ladepunkte an multimodalen Verknüpfungen ohnehin vorgesehen (IV4). Bei der Verortung von Mobilitätsstationen und Ladeinfrastruktur überschneiden sich die Rahmenbedingungen. So wird ein flexibles und erweiterbares System mit dem ÖPNV als Rückgrat und ohne hohen Investitionsaufwand angestrebt. Die Restriktionen durch kaum vorhandene Flächen sind vergleichbar. Um Synergien zu nutzen, können öffentliche Ladepunkte für private Pkw an den Mobilitätsstationen angedockt werden (IV5). Bezüglich der Sinnhaftigkeit Ladepunkte für private Pkw bereitzustellen existieren teils konträre Ansichten. Dabei kristallisiert sich die Frage heraus, ob Ladeinfrastruktur an Mobilitätsstationen ausschließlich für die geteilte Mobilität oder auch für jedes private Fahrzeug zur Verfügung stehen sollte.

IV4 zu Folge wird Ladeinfrastruktur an Mobilitätsstationen häufiger genutzt als im isolierten Fall. Demnach ist es für Nutzende von Elektrofahrzeugen wichtig, dass es eine multimodale Verknüpfung, also eine Anschlussmöglichkeit gibt.

„Wenn dort eine Radverleihstation neben den Ladepunkten ist, dann kann man einfach die letzte Meile zu seinem Termin oder ähnliches mit dem Fahrrad fahren, weil es natürlich nicht vor jedem Ziel eine Ladestation gibt. Gerade die Themen - Mietrad - aber auch der öffentliche Verkehr sind absolut maßgeblich in der Verknüpfung und für gute Standorte der Ladeinfrastruktur“

IV5 und IV9 halten es für nicht allzu realistisch, dass Autofahrende innerhalb ihres Weges umsteigen. Da ein Mobilitätspunkt die Mobilitätsdienstleistungen bündelt und möglichst viele Verkehrsangebote auf engem Raum schaffen sollte, ist der dafür benötigte Platz möglichst effizient zu nutzen. Die Mehrheit der Experten ist der Meinung, dass der Zweck eines Mobilitätspunkts demnach primär kein Ladepark für private Elektroautos sein sollte. Nutzer privater Pkw, welche die Verknüpfung zu einem anderen Verkehrsmittel nutzen, hinterlassen ihr Fahrzeug i.d.R. für einen langen Zeitraum am Ladepunkt. Dieser wäre für andere potentielle Nutzer somit blockiert und eine effiziente Flächennutzung nicht gegeben.

Die langen Standzeiten können verhindert werden, indem die Ladeinfrastruktur für private Elektroautos mittels Schnellladepunkten realisiert wird. Nach einem Tankstellenprinzip werden Elektroautos demnach zügig aufgeladen. Die maximale kostenlose Standzeit beträgt eine Stunde (IV5). Durch dieses

Prinzip werden die Verknüpfungen mit anderen Verkehrsmitteln jedoch unzureichend genutzt, da es sich bei den Ladevorgängen i.d.R. um das Zwischenladen handelt.

Stehen die Ladeplätze ausschließlich für das Car-Sharing zur Verfügung, ist dies ein flächeneffizienterer Ansatz, der die originäre Funktion der Mobilitätsstationen zudem beibehält (IV8). Für die Ladeinfrastruktur an Mobilitätsstationen existieren, bezüglich privater und geteilter Fahrzeuge, hybride Lösungen. So können an Mobilitätspunkten Normalladesäulen für das Car-Sharing sowie Schnellladesäulen für private und Nutzfahrzeuge integriert sein (IV5) oder jeweils eine Normalladesäule (IV4). IV9 weist darauf hin, dass zukünftig Lösungen mit Normalladesäulen, die jeweils einen Ladepunkt für das Car-Sharing und einen Ladepunkt für private Fahrzeuge enthalten, geplant sind. Auch in dieser Konfiguration werden multimodales Verkehrsverhalten und Verknüpfungen mit der aktiven Mobilität eher den Nutzenden des Car-Sharings zugesprochen und dort die Potentiale gesehen.

Aus wirtschaftlichen und Akzeptanzgründen können exklusive Ladesäulen für das Car-Sharing jedoch kritisch betrachtet werden. IV4 hält dieses Modell aktuell für nicht haltbar. Zum einen sind Ladesäulen für die Betreiber im Fall von exklusivem Laden für das Car-Sharing noch unprofitabler als i.d.R. ohnehin schon, da es zu langen Standzeiten ohne aktive Ladevorgänge kommen kann und der Ladepunkt blockiert wird. Zum anderen wird die Ladeinfrastruktur aus öffentlichen Geldern mitfinanziert. Lademöglichkeiten im öffentlichen Raum sind ein knappes Gut und stehen in diesem Fall teilweise nur einem eingeschränkten Nutzendenkreis zur Verfügung. Dies stößt laut IV4 auf Widerstand in der Bevölkerung. Demzufolge ist eine hohe Auslastung der Ladepunkte auch aus Akzeptanzgründen hinsichtlich des Car-Sharings von großer Bedeutung.

Wie sich bisher herausgestellt hat, existieren verschiedene Ansätze für die Integration von Ladeinfrastruktur an multimodalen Verknüpfungspunkten. Für das Untersuchungsgebiet gilt es nun den Aspekt der Positionierung elektrifizierter Mobilitätsstationen zu beleuchten. Die Verortung muss mit der Zielsetzung geschehen, das private Auto überflüssig zu machen, den MIV aus den dichten Quartieren zu verdrängen und freiwerdenden Parkraum für mehr Aufenthaltsqualität aufzuwerten (IV4).

Ersten Erkenntnissen nach funktioniert das Konzept der ersten und letzten Meile grundlegend durch die Kombination von aktiver Mobilität mit Mobilitätsstationen (IV4). In der Praxis sind strategische Verortungen jedoch schwer umzusetzen, da noch nicht genug Erfahrung über die Wirkungsweise der Standorte gesammelt wurde, der Druck zur Umsetzung aus der Politik hoch sein kann und die Flächenkonkurrenz im öffentlichen Raum zu einem sehr kompromissbehafteten Vorgehen führt.

„Man wird also mehr geleitet von überhaupt verfügbaren Flächen als von wirklich klugen strategischen und verkehrssteuernden Ansätzen.“

Diese Rahmenbedingungen gelten nach Aussagen einiger Experten für Ladesäulen gleichermaßen wie für Mobilitätsstationen. Bezüglich der Standortmerkmale von Mobilitätsstationen- oder -punkten bildet sich bei den Experten eine grobe Linie heraus. Es werden verschiedene Use-Cases unterstellt. Ein zentrales Standortmerkmal der Mobilitätspunkte ist die direkte Anbindung an den ÖPNV. So kann das komfortable Umsteigen auf den Umweltverbund gefördert werden. Der Fokus liegt auf hochfrequentierten Knotenpunkten (IV3, 4, 7, 9). Anhand von ÖPNV-verwandten Kennzahlen, sozioökonomischen Daten und der Angebotsdichte geteilter Mobilität werden mögliche Standorte evaluiert. Der Aufbau wird auch innerhalb von Quartieren als zielführend bewertet. Dabei fungieren die Stationen als angebotsschaffende Pull-Maßnahme, um restriktive Maßnahmen hinsichtlich einer Reduzierung der Attraktivität des MIV zu ergänzen. Besonders Neubauquartiere, die dem Leitbild „Stadt für Menschen“ folgen, eignen sich aufgrund ihrer gewollten Autoarmut für multimodale Mobilitätsangebote (IV7).

Durch ein partizipatives Verfahren werden Mobilitätspunkte mit Ladeinfrastruktur auch in dichten Innenstadtquartieren wie dem Untersuchungsgebiet verortet (IV9). Dabei handelt es sich im Kern um ein Mobilitätsangebot des Car-Sharings, das mittelfristig durch Services wie Packstationen und weitere Mobilitätsformen des Umweltverbunds ergänzt und verknüpft werden soll. Durch den hohen Parkdruck und die Positionierung innerhalb des Klausenerplatz-Kiezes soll das Mobilitätsangebot einen vergleichbaren oder höheren Komfort als der des privaten Pkw bieten. Dafür müssen u.a. die Fußwege kürzer sein als zum eigenen Auto. Da ein freier Parkplatz vor der Haustür eher selten zur Verfügung steht und der Parksuchverkehr durch die Mobilitätspunkte entfällt, wird somit eine attraktive Alternative zum privaten Pkw geschaffen.

Der ÖPNV ist eine Voraussetzung dafür, dass solche Mobilitätspunkte in Quartieren ihren Zweck erfüllen können. Durch das Angebot wird ein, im besten Fall elektrifiziertes, Car-Sharing-Fahrzeug ergänzend für die Situationen bereitgestellt, in denen der Umweltverbund keine effiziente Alternative darstellen kann. Ohne ein fußläufig zu erreichendes, öffentliches Nahverkehrssystem wäre der Verzicht auf ein eigenes Auto mit zu vielen Einschränkungen bzw. zu hohem finanziellen Aufwand bei der Nutzung von Car-Sharing-Angeboten verbunden. Die Mobilitätspunkte würden so ihre Zielwirkung verfehlen (IV9). Diese Lösung ist verkehrstechnisch nicht optimal, da durch die Positionierung innerhalb der Quartiere wiederum motorisierter Verkehr entsteht. Jedoch wäre eine Verortung am Quartiersrand für eine freiwillige Nutzung im Kiez zu weit von den Wohnorten entfernt (IV9).

Demnach kann ein Konzept vorsehen, Mobilitätsstationen mit Ladeinfrastruktur an den Ecken des Untersuchungsgebietes zu verorten. Durch die Verknüpfung mit dem Fahrrad in Form von hochwertigen Abstellanlagen und Radverleihstationen könnte dies dazu beitragen, den MIV aus dem Klausenerplatz-Kiez fernzuhalten. IV4 warnt jedoch ausdrücklich davor, der Planung von Elementen, die eine

mobilitätsverändernde Wirkung herbeiführen sollen, eine lineare „Wenn-dann-Logik“ zugrunde zu legen. Die Mobilitätsentscheidungen der Menschen seien zu komplex, um solch ein Vorgehen zu verwenden. Zudem müssen verschiedene Use-Cases unterstellt werden, die im Gesamten noch zu wenig erforscht sind und einen partizipativen Ansatz erfordern, da auch lokal große Unterschiede bei den Mobilitätsbedürfnissen und -gewohnheiten vorliegen können (IV4).

Die Verortung von Mobilitätsstationen in den potentiellen Räumen R4, R5 und R6 aus Abbildung 11 könnte, je nachdem welches verkehrliche Umfeld zugrunde liegt, den MIV mit dem Umweltverbund verknüpfen und somit auch die aktive Mobilität fördern. Von der Stadtautobahn kommender MIV könnte innerhalb eines Weges mit dem Radverkehr verknüpft und damit teilweise auf diesen verlagert werden bzw. der Quellverkehr aus dem Untersuchungsgebiet bis zur Mobilitätsstation über aktive Mobilitätsformen abgewickelt werden. S-Bahnnutzende können auf ihrem Weg für Transportzwecke auf das Car-Sharing umsteigen. Ein gewisser Teil des MIV würde so aus dem Untersuchungsgebiet ferngehalten werden. So ist L1 bereits an einem potentiellen Knotenpunkt (S4) verortet und könnte zu einem multimodalen Umsteigepunkt erweitert werden. L6 befindet sich in der Nähe des potentiellen Raumes S5. L6 könnte ebenfalls als Randpunkt multimodal erweitert werden, da die Position am Straßenende ein positives Standortmerkmal ist. Jedoch erscheint eine Verlagerung in den potentiellen Raum R5 sinnvoll. Dort ist die öffentlich nutzbare Fläche größer und der Standort direkt an einen Radweg angeschlossen. Bei einer Integration von Ladeinfrastruktur an diesem Standort muss die vorhandene Radinfrastruktur beachtet werden und weiterhin sicher nutzbar sein. L5 ist durch seine Randlage ebenfalls als potentieller multimodaler Verknüpfungspunkt zu betrachten.

Durch die Randverortung von Mobilitätsstationen im Untersuchungsgebiet wird wahrscheinlich ein gewisser Teil der Bevölkerung erreicht. Jedoch mit Verweis auf die Aussagen von IV9 werden auch innerquartierliche Mobilitätsstationen mit Ladeinfrastruktur benötigt, da diese in starker Konkurrenz zum privaten und fossil angetriebenen Automobil stehen. So können drei zentral gelegenen Straßen im Klausenerplatz-Kiez für die Verortung von Ladeinfrastruktur innerhalb eines Mobilitätsstationskonzeptes betrachtet werden (R1, R2, R3). L4 befindet sich direkt neben dem Raum R1. Es könnte argumentiert werden, dass die geringe Distanz zum Raum vernachlässigt werden kann. Nach den Erkenntnissen in dieser Arbeit sollte die Ladesäule mit multimodalen Verknüpfungen jedoch zentral im Untersuchungsgebiet verortet werden.

Innerquartierliche Mobilitätsstationen sollten ausschließlich für das Car-Sharing zur Verfügung stehen, um der Förderung privater Autos entgegenzuwirken. Der potentielle Raum R2 beinhaltet bereits markante Radabstellanlagen. Diese könnten mit Ladeinfrastruktur für Elektroautos kombiniert werden und somit auch die Nutzung von Pedelecs fördern. Der potentielle Raum R3 ist, wie aus Abbildung 7 bekannt, ein Teil des Haupttroutennetzes des Radverkehrs und könnte dementsprechend

Ladeinfrastruktur für Elektroautos multimodal verknüpfen. Nach dem hier verwendeten Konzept könnte eine Mobilitätsstation im potentiellen Raum R3, die bereits bestehenden Ladesäulen L5 und L6 ergänzen. Die Ergänzung der für den MIV nutzbaren Ladeinfrastruktur (L5, L6) sollte jedoch nur durch multimodale Verkehrsangebote mittels Car-Sharing durchgeführt werden.

Für eine fundierte Verortung an den genannten Positionen muss weiterhin evaluiert werden, ob ein sinnvoller Use-Case für die zentrale Verknüpfung des Radverkehrs mit Ladeinfrastruktur für Elektroautos innerhalb dieses Untersuchungsgebietes besteht. Aufgrund der fußläufigen Erschließbarkeit des Quartiers könnte die Verknüpfung an diesen Stellen keinen nennenswerten Effekt auf das Verkehrsverhalten der Bewohner haben. Dies kann im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht überprüft werden.

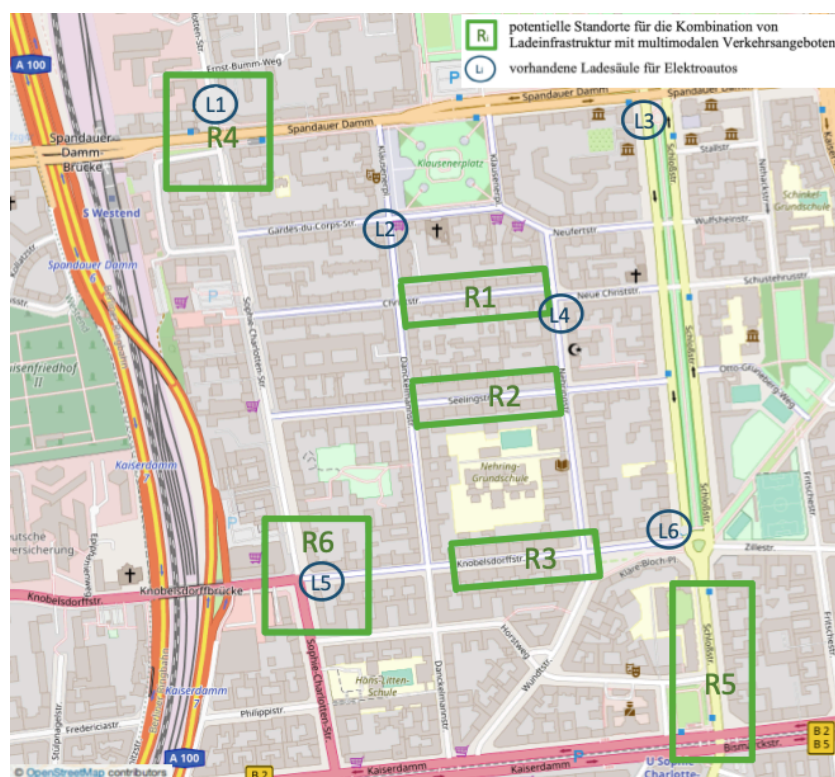


Abbildung 12: Potentielle Standorte für die Kombination von Ladeinfrastruktur mit multimodalen Verkehrsangeboten (eigene Darstellung verändert nach OpenStreetMap contributors)²⁸

Ein weiterer Use-Case der Mobilitätsstationen kommt der Netzerweiterung des öffentlichen Nahverkehrs zu. Um der Notwendigkeit, das private Auto aufgrund von dünnen ÖPNV-Netzen nutzen zu müssen, sollen gebündelte Mobilitätsangebote diese Lücken füllen. Dies ist insbesondere in

²⁸ Quelle des Kartenmaterials: OpenStreetMap contributors; Lizenz: Open Database License (ODbL).

Stadtrandbereichen und ergänzenden Räumen der Fall und somit für das Untersuchungsgebiet nicht von Bedeutung.

Laternenladen in Verbindung mit aktiver Mobilität

Die technische Konfiguration der Ladeinfrastruktur ist bei einer Bündelungsstrategie hinsichtlich des Flächenbedarfs und der technischen Rahmenbedingungen des Raumes zu diskutieren. Wie im obigen Teil erwähnt, bieten Stadtmöbel wie z.B. Stromverteilerkästen, Laternen etc., eine Möglichkeit, Ladepunkte in vorhandenen Infrastrukturen zu integrieren. Im Untersuchungsgebiet existieren flächendeckend Laternen. Dadurch könnten Ladesäulen durch integrierte Ladepunkte in Straßenlaternen ersetzt werden.²⁹

Dies hätte zunächst den platzsparenden Effekt, dass keine weiteren Objekte die Fläche im Straßenland in Anspruch nehmen würden. Jedoch sind solche Ladepunkte in ihrer Leistung i.d.R. stark limitiert. So sind Ladeleistungen, ähnlich wie sie bei einer Haushaltssteckdose vorkommen, von ca. 3,7 kW üblich. Dementsprechend müssen Elektroautos viele Stunden für das effektive Laden angeschlossen sein und blockieren so eine geraume Zeit den Ladeplatz. Bei einem Bündelungsansatz³⁰ müssten, durch die geringe Umschlagsmenge pro Ladepunkt, ganze Straßenabschnitte mit Ladepunkten versehen werden.

Dieser Ansatz ist auf die Fläche bezogen im Vergleich zu anderen Lösungen nicht effizient und eignet sich nach Meinung des Interviewten IV8 als Standardlösung für private Elektroautos in dichten und urbanen Quartieren eher weniger. Für diese technische Auslegung der Ladepunkte sollte der Anwendungsbereich in dichten Quartieren hinterfragt werden. In Randbereichen und ergänzenden Räumen, in denen Straßen oftmals einem geringeren Flächendruck ausgesetzt sind, ist dieser Ansatz nach Expertenmeinungen vorstellbar und auch sinnvoll (IV8).

Dem Nachteil von geringen Ladeleistungen steht jedoch eine Vielzahl von Ladepunkten gegenüber. Somit können lokal zahlreiche Fahrzeuge investitionskostengünstig geladen werden. Für private Pkw erscheint dies in urbanen Räumen wenig sinnvoll zu sein, jedoch kann der geringen Flächeneffizienz durch exklusives Laden von Car-Sharing-Fahrzeugen nach dem Freefloating- oder stationären Konzept in Verbindung mit dem Radverkehr entgegengewirkt werden. So ist es möglich, an einer Laterne zu den Ladepunkten für Elektroautos zusätzlich Ladepunkte für Pedelecs zum Zurücklegen der letzten Meile zu integrieren und somit eine Verknüpfung der Verkehrsmittel zu fördern (IV6). Dadurch könnten bei

²⁹ Es müsste weiterhin geprüft werden, ob die Laternen technisch dafür geeignet sind. Nicht alle Laternen können für das Laternenladen sinnvoll genutzt werden. Falls der Strom für die Beleuchtung am Tag abgeschaltet wird, wäre nur das Laden über Nacht möglich.

³⁰ An dieser Stelle wird das sogenannte Laternenladen als Referenzkonzept verwendet.

ausreichend Platz Ladestraßen für geteilte Mobilitätsangebote geschaffen werden. Jedoch ist dies technisch nicht überall möglich und der Nutzen muss den Aufwand rechtfertigen.

Schnellladeinfrastruktur in urbanen Räumen

„Natürlich ist es eine weitere sehr wichtige Maßnahme, gebündelte Ladeangebote z.B. im Sinne von Schnellladepunkten zu fördern. Hier wären die Flächen, auf denen sich heute die Tankstellen befinden, ein Ansatz.“

Im Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung wird der Aufbau einer Schnellladeinfrastruktur als Dekarbonisierungsmaßnahme geprüft (vgl. Bundesregierung 2019: 5). Für den urbanen Raum gehen die Expertenmeinungen diesbezüglich auseinander. Während die Ladestationen in einer deutschen Großstadt zu etwa 90 % aus Normalladern bestehen (IV3), wird in einer anderen deutschen Großstadt ein Schnellladekonzept verfolgt. Dabei soll der Anteil der Schnellladesäulen an der öffentlichen Ladeinfrastruktur der Mobilitätsstationen zukünftig von 50 auf 75 % steigen (IV5).

Kritisch werden besonders die benötigte Anschlusskapazität und die finanziellen Aufwendungen genannt (IV7). Ein Bedarf wird in urbanen Räumen besonders für energieintensive Use-Cases wie das Ride-Sharing gesehen. Demnach sollte Schnellladeinfrastruktur gebündelt an wenigen strategisch ausgewählten Orten aufgebaut werden, um fixe Anlaufpunkte zu schaffen (IV9).

Für den öffentlichen Straßenraum hält IV8 Schnellladesäulen nur bedingt für tauglich. Zum einen ist der finanzielle Aufwand um ein Vielfaches höher und zum anderen muss die netzseitige Infrastruktur für den Aufbau dieser Hochleistungslader geeignet und ausbaufähig sein. Zudem sind nicht alle elektrifizierten Fahrzeuge technisch in der Lage, eine Schnellladesäule zu nutzen. Elektroautos wird es zukünftig aus verschiedenen Entwicklungsstufen geben. Nicht schnellladefähige Fahrzeuge werden auf Jahre genutzt. Dementsprechend ist die sinnvolle Integration von Schnellladern auch davon abhängig, wie sich der Markt für Elektroautos weiterhin entwickeln wird.

Schnellladesäulen verbrauchen aufgrund ihrer Größe mehr Platz als Normalladesäulen. Das Flächenproblem ist hier somit noch stärker präsent. Zudem ist das Schnellladen auch aus Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit kritisch zu betrachten, da die Batterien durch den hohen Ladestrom stark belastet werden und schneller verschleifen (IV8). IV8 ist der Meinung, dass Tankstellen, die zukünftig zu Schnellladehubs umgerüstet werden, für das schnelle Zwischenladen wahrscheinlich eine Option darstellen.

Wegen der kurzen Ladedauer sind Schnellladepunkte nicht sinnvoll in multimodale Mobilitätskonzepte einzubinden. Das Prinzip eines Schnellladepunktes beinhaltet das Heran- und wieder Wegfahren mit

einem Pkw. Das Potential, die aktive Mobilität durch die Integration von Schnellladepunkten zu fördern, wird daher im Rahmen dieser Arbeit als gering bewertet. Dies sollte beim Ladeinfrastrukturaufbau und der Verortung mit beachtet werden.

Im Untersuchungsgebiet existieren weder Tankstellen noch üppige Flächen im öffentlichen Raum zur Verortung von Schnellladeinfrastruktur. Demnach besteht ein geringes Potential für Schnellladesäulen im Klausenerplatz-Kiez, obwohl sich dies aufgrund der Stadtautobahn im Westen und der dadurch zu erwartenden hohen Nutzerfrequenz anbietet. Basierend auf den Untersuchungsergebnissen sind Taxistände ein Merkmal für DC-Standorte. Somit existiert dort ein potentieller Bedarf an schnellen Ladungen. Wie in Abbildung 12 zu sehen, existiert dort mit L1 bereits eine AC-Ladesäule. Hier könnte zusätzlich über eine Nachverdichtung mittels Schnellladepunkten nachgedacht werden. Die beiden rot markierten Parkflächen in Abbildung 2 stellen Optionen dar Schnellladesäulen aufzubauen.

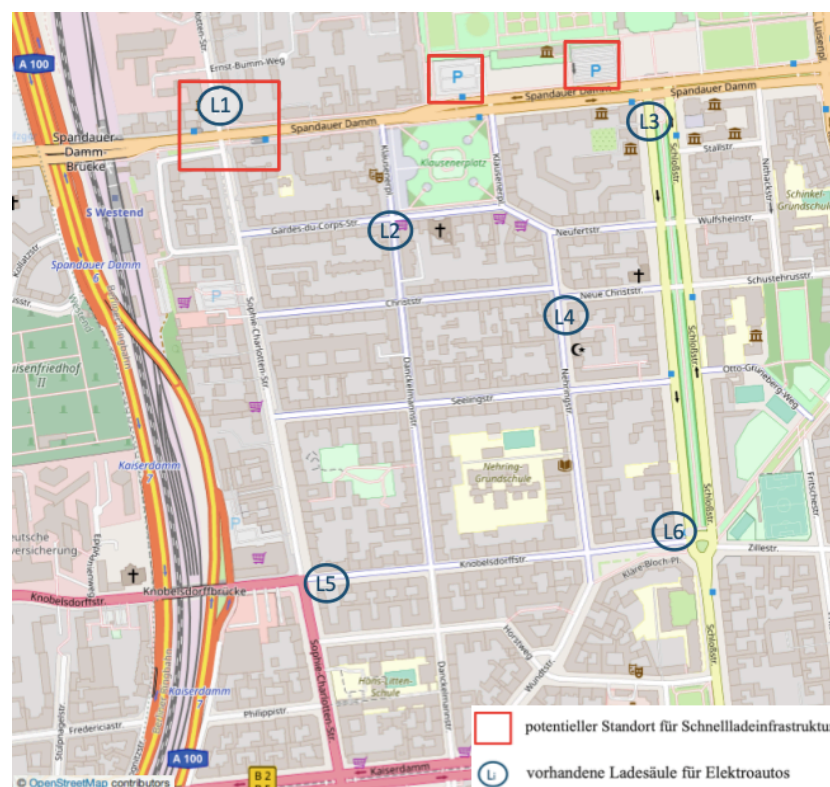


Abbildung 13: Potentielle Standorte für Schnellladeinfrastruktur (eigene Darstellung verändert nach OpenStreetMap contributors)³¹

Es ist jedoch fraglich, inwiefern dies zielführend ist, um den MIV auf den Umweltverbund zu verlagern. Multimodales Verkehrsverhalten würde durch diesen Aufbau eher weniger gefördert werden. Hier ist die isolierte Betrachtung des Untersuchungsgebietes nicht ausreichend, da insbesondere

³¹ Quelle des Kartenmaterials: OpenStreetMap contributors; Lizenz: Open Database License (ODbL).

Schnelladestandorte einen großen Einzugsbereich haben und strategisch auf höherer Ebenen verortet werden sollten.

8 Fazit

Mit der Stadt Oslo gibt es ein Beispiel, bei dem der gebündelte Aufbau von Ladeinfrastruktur bevorzugt wird. Es sei jedoch angemerkt, dass es in Oslo dementsprechend viele Elektroautofahrende gibt, somit ein deutlich höherer Bedarf an Ladungen besteht und der Aufbau von vereinzelt Ladesäulen schlichtweg nicht mehr ausreichend wäre.

Der verbreitetste Ansatz nach den Forschungsergebnissen scheint die Schaffung eines Basisnetzes mit vereinzelt Wunschstandorten und der Möglichkeit zur Nachverdichtung (Bündelung) zu sein. Es hat sich nicht herauskristallisiert, dass eine Bündelung von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Straßenraum und somit weniger Standorten in der Fläche für eine Reduzierung des MIV als strategisches Leitziel existiert. Eine verkehrslenkende Wirkung durch die gezielte und geballte Verortung von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum wird unter den aktuellen Rahmenbedingungen von den Experten als eher unrealistisches Szenario für Bestandsquartiere in dichten urbanen Räumen eingeschätzt. Der benötigte Flächenbedarf, der Zugang zum Stromnetz bzw. dessen lokale Kapazitäten und Akzeptanzgründe seitens der Bevölkerung stellen sich als zentrale Hemmnisse und Herausforderungen bei dem Aufbau von gebündelter Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum heraus.

Bei dem Hochlauf der E-Mobilität und der Verkehrswende handelt es sich um dynamische Entwicklungen, die von den Experten teils trennscharf voneinander betrachtet werden. Aufgrund der Einschränkungen und Rahmenbedingungen im öffentlich zugänglichen Raum sowie den individuellen Mobilitätsentscheidungen der Menschen kann demnach durch die Antriebswende und insbesondere über die Verortung von Ladesäulen für Elektroautos allein keine Verkehrswende im Sinne einer nachhaltigen, gesunden und integrierten Mobilität herbeigeführt werden. Die Verortungsstrategien müssen sich folglich an die aktuelle Situation in gewissem Maße anpassen und können sich nur in einem bestimmten Rahmen bewegen, der sich im Zeitverlauf durchaus in die eine oder andere Richtung verschieben kann. Das Kriterium zur Erweiterungsmöglichkeit der Standorte und Beispiele aus der Praxis mit konzentrierter Ladeinfrastruktur zeigen jedoch auch, dass eine Bündelung von Ladesäulen im öffentlichen Raum durchaus anzustreben ist. So lassen sich Synergieeffekte bei der Planung der Infrastrukturen und der Verknüpfung mit dem Umweltverbund besser realisieren.

Bei der Integration von Ladeinfrastruktur wird vermehrt auf den halb-öffentlichen Raum verwiesen. Große Parkflächen des Einzelhandels bieten Aktivitäten während der i.d.R. kostentechnisch zeitlich begrenzten Ladeweile und Möglichkeiten, Ladepunkte konzentriert aufzubauen. Dies macht das Einkaufen mit dem Auto jedoch noch attraktiver und steht entgegen dem Ziel einer durchmischten und kleinräumigen Stadtstruktur. Auch die aktive Mobilität wird dadurch nicht gefördert. Lediglich die Notwendigkeit, Ladepunkte im öffentlichen Raum innerhalb dicht bebauter Quartiere für

Laternenparker aufzubauen, minimiert sich dadurch. Die Potentiale für verkehrslenkende Wirkungen werden vielmehr in Push-Maßnahmen abseits der Verortung von Ladeinfrastruktur gesehen, wie z.B. ein flächendeckendes Parkraummanagement, die Reduzierung von Parkflächen oder deutlich höheren Kosten für das Parken im öffentlichen Raum.

Eine Besonderheit bilden multimodale Umsteigeknoten bzw. Mobilitätsstationen. Diesen wird bezüglich einer Veränderung des Mobilitätsverhaltens im Zusammenspiel mit obig erwähnten Push-Maßnahmen ein hohes Potential zugesprochen. Diese sollten zukünftig eine Ladeinfrastruktur enthalten und bieten bei ausreichend Platz auch die Möglichkeit, Ladesäulen gebündelt zu integrieren. Für einen signifikanten Effekt müssten multimodale Verkehrsangebote flächendeckend zur Verfügung stehen, um alle Wegeketten abbilden zu können. Durch die Verknüpfung von Ladeinfrastruktur für Elektroautos mit dem Radverkehr kann somit auch die aktive Mobilität gefördert werden. Zudem können Synergien innerhalb des E-Mobilitätssystems durch die Anbindung von Pedelecs realisiert werden. Jedoch sollte die Ladeinfrastruktur an Mobilitätsstationen vorrangig dem Car-Sharing gewidmet werden, um die originäre Funktion multimodaler Mobilitätsangebote beizubehalten.

Die Schnellladeinfrastruktur spielt in urbanen Räumen meist eine untergeordnete Rolle und wird aus Expertensicht kritisch bzw. vorsichtig betrachtet. Jedoch gibt es auch diesbezüglich Beispiele, die ein konträres Bild zeichnen³². In Verbindung mit DC-Säulen kommen Tankstellenkonzepte und Hub-Systeme eine besondere Bedeutung zu. Zudem ist die Verortung dieser Hochleistungslader, aufgrund ihres Einzugsbereichs und der hohen Kosten, auf übergeordneter Ebene zu planen. Es ist abzusehen, dass diese zukünftig bei einem Bedarfsanstieg an Ladungen an Bedeutung gewinnen. Beim aktuellen Aufbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur in urbanen Räumen sind DC-Säulen oft noch eine Randerscheinung. An dieser Stelle besteht weiterhin Forschungsbedarf.

So wird aufbauend auf den Erkenntnissen des Zwischenfazits und den empirischen Ergebnissen geschlussfolgert, dass aktuell keine verallgemeinernde Antwort auf die Frage gegeben werden kann, ob eine öffentliche Ladeinfrastruktur gebündelt oder vereinzelt verortet werden sollte. Eine Mischung aus beidem scheint unter Berücksichtigung der örtlichen Rahmenbedingungen zielführend und umsetzbar zu sein. Aus den qualitativen Interviews wurde die Erkenntnis gewonnen, dass bei der Verortung von Ladeinfrastruktur auch bestimmte Use-Cases unterstellt werden, die noch keiner wissenschaftlichen Fundierung zugrunde liegen und ein entscheidendes Element sein können. Konzepte, welche diese Use-Cases gezielt abgreifen und darauf einwirken, könnten einen Beitrag zur Mobilitätswende leisten. Hier besteht weiterhin Forschungsbedarf.

³² Siehe „Mobipunkte“ in Dresden.

Eine weitere Erkenntnis ist, dass eine flächendeckende Verortung multimodaler Umsteigepunkte und Mobilitätsstationen zusammen mit dem öffentlichen Nahverkehr, aber auch punktuell innerhalb dicht bebauter Quartiere notwendig ist, um einen nennenswerten Effekt in Richtung Mobilitätswende zu erzielen. Inwiefern dies umgesetzt werden kann und ob die innerquartierliche Verknüpfung von Ladeinfrastruktur für Elektroautos mit Radabstellanlagen bzw. Radverleihstationen ein zielführender Use-Case ist, muss in einer weiteren Forschungsarbeit untersucht werden.

9 Literaturverzeichnis

- Adele, Peters (2019): What happened when Oslo decided to make its downtown basically car-free?. URL: <https://www.fastcompany.com/90294948/what-happened-when-oslo-decided-to-make-its-downtown-basically-car-free> (31.12.2020).
- Agora Verkehrswende (2020a). Beim Ausbau der Infrastruktur für Elektroautos sind jetzt die Kommunen gefragt. URL: <https://www.agora-verkehrswende.de/presse/pressemitteilungen/beim-ausbau-der-infrastruktur-fuer-elektroautos-sind-jetzt-die-kommunen-gefragt/> (13.11.2020).
- Agora Verkehrswende (2020b). Nur mit der Verkehrswende ist die Vollendung der Energiewende möglich. URL: <https://www.agora-verkehrswende.de/12-thesen/nur-mit-der-verkehrswende-ist-die-vollendung-der-energiewende-moeglich/>, <https://www.agora-verkehrswende.de/12-thesen/nur-mit-der-verkehrswende-ist-die-vollendung-der-energiewende-moeglich/> (29.12.2020).
- Aichinger, Wolfgang (2020). Quartiersmobilität gestalten. Verkehrsbelastungen reduzieren und Flächen gewinnen. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/20200310_uba_fachbroschuere_quartiersmobilitaet_gestalten_bf.pdf (28.07.2020).
- Bauer, Uta / Hertel, Martina / Buchmann, Lisa (2018). Geht doch! Grundzüge einer bundesweiten Fußverkehrsstrategie. Dessau-Roßlau: Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu).
- BDEW - Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (2020). Der Technische Leitfaden Ladeinfrastruktur. URL: <https://www.vde.com/resource/blob/988408/a2b8e484994d628b515b56376f809e28/technischer-leitfaden-ladeinfrastruktur-elektromobilitaet---version-3-data.pdf> (13.11.2020).
- Beckmann, Klaus J. (2001). Integrierte Verkehrskonzepte. In: Köhler, Uwe (Hrsg.): Verkehr: Straße, Schiene, Luft – Der Ingenieurbau. Berlin: Ernst, 269–288.
- Von dem Berge, Benjamin (2020). Teilstandardisierte Experteninterviews. In: Tausendpfund, Markus (Hrsg.): Fortgeschrittene Analyseverfahren in den Sozialwissenschaften. Ein Überblick. Wiesbaden: Springer, 275–300.
- Bibliographisches Institut GmbH (2020). Duden | Nachhaltigkeit | Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Herkunft. URL: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Nachhaltigkeit>

(12.09.2020).

Blanck, Ruth / Hacker, Florian/ Heyen, Dirk A. / Zimmer, Wiebke (2017). Mobiles Baden-Württemberg. Wege der Transformation zu einer nachhaltigen Mobilität. Abschlussbericht der Studie. Stuttgart: Öko-Institut e. V.

BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2020). Auf dem Weg zur Nachhaltigen Mobilität. URL <https://www.bmu.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/nachhaltige-mobilitaet/> (29.11.2020).

BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2016). Was ist Elektromobilität? Welche Fahrzeuge zählen dazu? URL: <https://www.erneuerbar-mobil.de/faq/was-ist-elektromobilitaet-welche-fahrzeuge-zaehlen-dazu> (15.11.2020).

BMVi - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2020). Nationaler Radverkehrsplan 3.0. URL: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/Radverkehr/nationaler-radverkehrsplan-3-0.html> (03.10.2020).

BMVi - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2012). Nationaler Radverkehrsplan 2020. Den Radverkehr gemeinsam weiterentwickeln. 2. Auflage. Berlin.

BMVi - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2018). Erscheinungs- und Entwicklungsformen von Multi- und Intermodalität. URL: <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/447047/> (01.08.2020).

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2010). Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. München. URL: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiekonzept-2010.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (21.07.2020).

Bogner, Alexander / Littig, Beate / Menz, Wolfgang (2014). Interviews mit Experten. Eine praxisorientierte Einführung. Wiesbaden: Springer.

Bräuninger, Michael / Schulze, Sven / Leschus, Leon (2012). Wege zum nachhaltigen Stadtverkehr in Entwicklungs- und Schwellenländern. Hamburg: European Institute for Sustainable Transport.

Bundesregierung (2019). Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung. Ziele und Maßnahmen für den Ladeinfrastrukturaufbau bis 2030. URL: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/masterplan-ladeinfrastruktur.pdf?__blob=publicationFile (19.05.2020).

- City of Oslo (2016). Climate and Energy Strategy Oslo. URL: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/13166797-1480690482/Content/Politics%20and%20administration/Green%20Oslo/Plans%20and%20programmes/Climate%20and%20Energy%20Strategy%20Oslo.pdf> (02.06.2020).
- Deffner, Jutta / Hefter, Tomas / Götz, Konrad (2014). Multioptionalität auf dem Vormarsch? Veränderte Mobilitätswünsche und technische Innovationen als neue Potenziale für einen multimodalen Öffentlichen Verkehr. In: Schwedes, Oliver (Hrsg.): Öffentliche Mobilität Perspektiven für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung, 2. Auflage. Berlin: Springer, 201–228.
- Difu - Deutsches Institut für Urbanistik (2019). Was ist eigentlich... Mobilitätsstation? Begriffe aus der kommunalen Szene - einfach erklärt. URL: <https://difu.de/nachricht/was-ist-eigentlich-mobilitaetsstation#:~:text=Damit%20ist%20das%20Ziel%20verbunden,2003%20unter%20dem%20Namen%20%E2%80%9Emobil> (08.10.2020).
- DIN 2020. DIN SPEC 91433. Leitfaden zur Suchraum- und Standortidentifizierung sowie Empfehlungen für Melde- und Genehmigungsverfahren in der Ladeinfrastrukturplanung. Beuth Verlag GmbH. Berlin
- Ditton, Hartmut / Reinders, Heinz (2011). Überblick Forschungsmethoden. In: Ditton, Hartmut / Reinders, Heinz / Gräsel, Cornelia / Burkhard, Gniewosz (Hrsg.): Empirische Bildungsforschung. Strukturen und Methoden, Wiesbaden: Springer VS, 45–51.
- eHubs (2020). eHUBS - Smart Shared Green Mobility Hubs. URL: <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/ehubs-smart-shared-green-mobility-hubs/> (09.06.2020).
- FIS-Broker (2020a). Lebensweltlich orientierte Räume (LOR) - Planungsräume. URL: <https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp> (26.10.2020).
- FIS-Broker (2020b). ÖPNV-Vorrangnetz. URL: <https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp> (23.10.2020).
- FIS-Broker 2020c. Tempolimits. URL: <https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp> (06.10.2020).
- FUSS e.V. (2020). Ladesäulen: Eine Million neue Verkehrshindernisse? URL: <https://www.fuss-ev.de/?view=article&id=768:ladesaeulen-es-drohen-eine-million-neue-verkehrshindernisse&catid=87> (02.09.2020).
- Gerike, Regine / Hubrich, Stefan / Ließke, Frank / Wittig, Sebastian / Wittwer, Rico (2019).

- Tabellenbericht zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2018“ in Berlin (Charlottenburg-Wilmersdorf). Dresden: Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Professur für Integrierte Verkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik.
- Gerlach, Julia / Hübner, Susan / Becker, Thilo / Becker, Udo J. (2015). Entwicklung von Indikatoren im Bereich Mobilität für die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie. Dresden: Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Lehrstuhl für Verkehrsökologie.
- Van der Giessen, Art u. a. 2018. Plan Amsterdam. The Electric City. Issuu. URL: https://issuu.com/gemeenteamsterdam/docs/plan_amsterdam_4-2018_the_electric_ (09.06.2020).
- Gläser, Jochen & Laudel, Grit (2006). Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse- als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen, 2. Auflage. Wiesbaden: UTB.
- Götze, Susanne 2019. Lithium-Abbau in Südamerika. Kehrseite der Energiewende. Deutschlandfunk. URL: https://www.deutschlandfunk.de/lithium-abbau-in-suedamerika-kehrseite-der-energiewende.724.de.html?dram:article_id=447604 (30.12.2020).
- Grassigny, Alexandre (2018a). Gils Van Der Poel, Market Analyst at ElaadNL. URL: <https://stample.com/link/stamples/5b56e98044f4bad17b857a1b/gils-van-der-poel-market-analyst-at-elaadnl> (10.09.2020).
- Grassigny, Alexandre (2018b). Simone Maase, Research Associate E-mobility at Amsterdam University of Applied Sciences. <https://stample.com/link/stamples/5b59badc44f41acaf708c71d/simone-maase-research-associate-e-mobility-at-amsterdam-university-of-applied-sciences>. (10.09.2020).
- Haas, Christine (2018). So soll das 800-Meter-Problem auf dem Heimweg gelöst werden. URL: <https://www.welt.de/wirtschaft/article183688842/Nahverkehr-So-laesst-sich-die-letzte-Meile-nach-Hause-bequem-zuruecklegen.html> (23.07.2020)
- Harendt, Bertram / Schumann, Detlef / Wirth, Matthias (2016). Handlungsempfehlungen der Begleit- und Wirkungsforschung aus dem Schaufensterprogramm Elektromobilität für die Ergebniskonferenz 2016. Ergebnispapier 22. Frankfurt am Main.
- Harendt, Bertram / Schumann, Detlef / Wirth, Matthias (2017). Schaufenster-Programm Elektromobilität. Abschlussbericht der Begleit- und Wirkungsforschung 2017. Ergebnispapier 30. Frankfurt am Main.

- Harms, Sigrid (2017). Elektroautovereinigung rät von Elektroautos ab. URL: <https://www.spiegel.de/auto/aktuell/norwegen-oslo-ist-dem-e-auto-boom-ueberfordert-a-1168468.html> (20.09.2020).
- HDE - Handelsverband Deutschland (2018). Elektromobil durchstarten Mit Ladesäulen neue Kunden gewinnen. URL: https://www.hde-klimaschutzoffensive.de/sites/default/files/uploads/document/2018-12/Klimaschutzoffensive_Leitfaden-Einzelhandel-elektromobil-Ladesaeulen.pdf (09.10.2020).
- Hucko, Margret (2014). BMW i: Textilien aus Plastikflaschen für den i3 und den i8. <https://www.spiegel.de/auto/aktuell/bmw-i-textilien-aus-plastikflaschen-fuer-den-i3-und-den-i8-a-977429.html> (04.09.2020).
- Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG (2020). Geförderte Ladestationen – StandortTOOL. URL: <https://www.standorttool.de/strom/geofoerderte-ladestationen/> [01.01.2021).
- Kiezbündnis Klausenerplatz e.V. (2020). Arbeitsgruppe Verkehr. URL <http://klausenerplatz.de/online/index.php?id=449> (19.11.2020).
- Landeshauptstadt München (Referat für Stadtplanung und Bauordnung Abt. 3 Verkehrsplanung) (2020). City2Share. URL: <https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Stadtplanung-und-Bauordnung/Verkehrsplanung/Projekte/City2Share.html> (22.09.2020).
- Linnemann, Marcel / Nagel, Christoph (2020). Elektromobilität und die Rolle der Energiewirtschaft. Rechte und Pflichten eines Ladesäulenbetreibers. Wiesbaden: Springer VS
- Loveday, Eric (2014). In Norway, Buses Delayed By Electric Vehicles Clogging Bus Lanes. InsideEVs. URL: <https://insideevs.com/news/321790/in-norway-buses-delayed-by-electric-vehicles-clogging-bus-lanes/> (20.08.2020).
- Mayring, Philipp (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12. Auflage. Weinheim und Basel: Beltz.
- Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (2020). Nahmobilität. URL: <https://www.vm.nrw.de/verkehr/nahmobilitaet/index.php> (13.11.2020).
- MVG - Münchner Verkehrsgesellschaft mbH (2020). Mobilitätsstationen. URL: <https://www.mvg.de/ueber/mvg-projekte/multimodale-mobilitaet/mobilitaetsstationen.html> (22.09.2020).

- NKL - The Netherlands Knowledge Platform for Charging Infrastructure (2019). Guidelines for the realisation of charging plazas. URL: https://www.nklnederland.com/uploads/files/Guidelines_for_the_realisation_of_charging_plazas.pdf (04.09.2020).
- Norsk elbilforening (2017). This is the world's biggest charging garage. <https://elbil.no/this-is-the-world-s-biggest-charging-garage/> (20.09.2020).
- Norwegian Ministry of Transport and Communications (2017). National Transport Plan 2018–2029 - A targeted and historic commitment to the Norwegian transport sector. <https://www.regjeringen.no/contentassets/7c52fd2938ca42209e4286fe86bb28bd/en-gb/pdfs/stm201620170033000engpdfs.pdf> (12.08.2020).
- NOW GmbH (2019). Förderung der Elektromobilität durch Verankerung in kommunalen Mobilitätsstrategien. URL: https://www.now-gmbh.de/content/4-bundesfoerderung-elektromobilitaet-vor-ort/5-begleitforschung/broschure_now-mobilitatsstrategien_final_screen.pdf (26.08.2020).
- NPM - Nationale Plattform Zukunft Der Mobilität (2020). Flächendeckende Ladeinfrastruktur. Forschungsbericht. Arbeitsgruppe 5 „Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung“, Berlin.
- Portvik, Sture (2020). Electrification of transport. Policy learning from the World's first mass market for EVs. Agency for Urban Environment. Oslo.
- Rammler, Stephan (2016). Nachhaltige Mobilität. Gestaltungsszenarien und Zukunftsbilder. In: Schwedes, Oliver / Canzler, Weert / Knie, Andreas (Hrsg.): Handbuch Verkehrspolitik. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 899–917.
- RAW München (2016a). Integriertes Handlungsprogramm zur Förderung der Elektromobilität in München Umsetzungsbeschluss zum Aufbau und Betrieb eines öffentlichen Ladesäulensystems. Sitzungsvorlage Nr. 14-20 / V 04950. Anlage 1. Kriterienkatalog für die Detailplanung der Ladesäulenstandorte innerhalb der vom Planungsreferat ausgewiesenen Makrostandorte URL: <https://www.ris-muenchen.de/RII/RII/DOK/SITZUNGSVORLAGE/4544292.pdf> (21.09.2020).
- RAW München (2017). Integriertes Handlungsprogramm zur Förderung der Elektromobilität in München Umsetzungsbeschluss II: Weiterer Aufbau und Betrieb eines öffentlichen Ladesäulensystems aus IHFEM-Umschichtungsmitteln. Beschluss des Ausschusses für Arbeit

- und Wirtschaft am 18.07.2017. Sitzungsvorlage Nr. 14-20 / V 09121. URL: <https://www.ris-muenchen.de/RII/RII/DOK/SITZUNGSVORLAGE/4544284.pdf> (15.09.2020).
- RAW München (2016b). Integriertes Handlungsprogramm zur Förderung der Elektromobilität in München Umsetzungsbeschluss zum Aufbau und Betrieb eines öffentlichen Ladesäulensystems. Beschluss des Ausschusses für Arbeit und Wirtschaft am 03.05.2016. Sitzungsvorlage Nr. 14-20 / V 04950. URL: <https://www.muenchen-transparent.de/dokumente/4038962/datei> (18.09.2020).
- Schäfer, Michael (2020). Definition: Was ist „Daseinsvorsorge“? URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/daseinsvorsorge-28469> (23.07.2020)
- Scheurenbrand, Jan / Engel, Christian / Peters, Florin / Niklas, Kühl (2015). Holistically Defining E-Mobility: A Modern Approach to Systematic Literature Reviews. In: Karlsruher Institut für Technologie (Hrsg.): Proceedings of the First Karlsruhe Service Summit Research Workshop - Advances in Service Research. Report-Nr. KIT-SR 7692. Karlsruhe, 17-27.
- Schreier, Hannes / Gehrlein, Thorsten / Kipp, Tobias / Utzmann, Hilde / Grimm, Claus / Kurz, Uta (2018). Bericht AP3. Evaluation IHFEM 2015 Landeshauptstadt München. München.
- Schwedes, Oliver / Daubitz, Stephan / Rammert, Alexander / Sternkopf, Benjamin / Hoor, Maximilian (2020). Kleiner Begriffskanon der Mobilitätsforschung. Berlin: Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung.
- Schwedes, Oliver (2018). Verkehrspolitik als Gesellschaftspolitik. In Schwedes, Oliver (Hrsg.): Verkehrspolitik - Eine interdisziplinäre Einführung, 2. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 3-24.
- Schwedes, Oliver & Rammert, Alexander (2020a). Mobilitätsmanagement: Ein neues Handlungsfeld Integrierter Verkehrsplanung. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Schwedes, Oliver & Rammert, Alexander (2020b). Was ist Integrierte Verkehrsplanung? Hintergründe und Perspektiven einer am Menschen orientierten Planung. Berlin: Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung.
- Schwierz, Peter (2019). Norwegen: Tankstelle ersetzt Zapf- durch Ladesäulen. URL: <https://www.electrive.net/2019/09/25/norwegen-tankstelle-ersetzt-zapfsaeulen-durch-ladesaeulen/> (17.09.2020).
- SenStadtWohn - Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen (2020). Lebensweltlich

- orientierte Räume (LOR) in Berlin. Planungsgrundlagen. URL: https://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/basisdaten_stadtentwicklung/lor/ (18.11.2020).
- SenUVK - Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2014). Elektromobilität in Berlin. Arbeitshilfe für die Ladeinfrastrukturerweiterung. Abt. VII A - Grundsatzangelegenheiten der Verkehrspolitik, Verkehrsentwicklungsplanung
- SenUVK - Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2020a). Elektrisch unterwegs auf Berlins Straßen. Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum. URL: <https://www.berlin.de/sen/uvk/verkehr/verkehrsplanung/elektromobilitaet/ladeinfrastruktur-im-oeffentlichen-raum/> (29.11.2020).
- SenUVK - Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2020b). Grundlagen des Ladeinfrastrukturaufbaus in Berlin. URL: <https://www.berlin.de/sen/uvk/verkehr/verkehrsplanung/elektromobilitaet/ladeinfrastruktur-im-oeffentlichen-raum/grundlagen/> (01.01.2020).
- SenUVK - Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2020c). Planung für die Erweiterung und den Betrieb von Ladeinfrastruktur. URL: https://www.berlin.de/senuvk/verkehr/planung/e_mobilitaet/de/infrastruktur.shtml (11.08.2020).
- SenWiEnBe - Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe (2020). Energieatlas Berlin. Energieatlas Berlin. URL: <https://energieatlas.berlin.de/> (04.01.2020).
- UBA - Umweltbundesamt (2020). Nachhaltige Mobilität. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet> (29.12.2020).
- UBA - Umweltbundesamt (2012). Radverkehr. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet/radverkehr> (20.07.2020).
- UBA - Umweltbundesamt (2013). Was ist ein "Smart-Grid"? URL: <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/was-ist-ein-smart-grid> (26.08.2020)
- United Nations 1987. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. URL: https://www.are.admin.ch/are/de/home/nachhaltige-entwicklung/internationale-zusammenarbeit/agenda-2030-fuer-nachhaltige-entwicklung/uno_-meilensteine-zur-nachhaltigen-entwicklung/1987--brundtland-bericht.html (21.08.2020).

- VCÖ - Verkehrsclub Österreich (2017). aktive Mobilität - Mobilität mit Zukunft. <https://vcoe.at/service/fragen-und-antworten/aktive-mobilitaet> (28.08.2020).
- VCÖ - Verkehrsclub Österreich (2015). Wie Wohnbau gesunde Mobilität fördern kann. URL: <https://fgoe.org/sites/fgoe.org/files/2017-10/2015-10-23%202.pdf> (29.12.2020).
- Vereinte Nationen (2015). Transformation unserer Welt: Die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. Dokument A/RES/70/1. Resolution der Generalversammlung, Verabschiedung vom 25. September 2015. New York. URL: <https://www.un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf> (23.09.2020).
- WELT (2018). Bewegungsmangel – Die Deutschen werden immer inaktiver. URL: <https://www.welt.de/gesundheit/article181425472/Bewegungsmangel-Die-Deutschen-werden-immer-inaktiver.html> (02.09.2020).
- Zugehör, Daniel (2020). Ladeinfrastruktur: Total sichert sich Großauftrag. URL: <https://www.energate-messenger.de/news/199738/ladeinfrastruktur-total-sichert-sich-grossauftrag> (11.09.2020).

10 Anhang

Anhang A: Interviewleitfaden

1. Wie lautet Ihre Berufsbezeichnung und was ist Ihr Aufgabenbereich?
2. Wie beurteilen Sie die aktuelle Situation der öffentlichen Ladeinfrastruktur?
3. Nach welchem Konzept wird die öffentliche Ladeinfrastruktur aktuell aufgebaut?
4. Handelt es sich bei den aufgebauten Ladesäulen eher um Schnell- oder Normalladesäulen und nach welchen Kriterien wird dies entschieden?
5. Was sind Ihrer Meinung nach die wichtigsten Standortmerkmale für eine bewusste Ladeinfrastrukturverortung?
6. Ist es aus Ihrer Sicht besser, viele kleine Einzelstandorte mit z.B. ein oder zwei Ladesäulen und damit ein kleinteiliges Netz zu planen oder Ladepunkte an weniger Standorten mit mehreren Säulen zu bündeln?
7. In welcher Ausprägung findet die Zielstellung einer integrierten Verkehrsplanung den Verkehr zu vermeiden bzw. auf den Umweltverbund zu verlagern bei der Verortung der öffentlich zugänglichen Lademöglichkeiten Berücksichtigung?
8. Welche Rolle spielt die aktive Mobilität bei der Verortung von öffentlicher Ladeinfrastruktur?
9. Welchen Stellenwert nehmen Mobilitätsstationen beim Ladeinfrastrukturausbau ein und wie wird sich dieser Ihrer Meinung nach zukünftig entwickeln?
10. Wie schätzen Sie das Wirkungspotential von bewusst positionierter Ladeinfrastruktur als verkehrslenkende Maßnahme ein?
11. Würden Sie, basierend auf Ihren Erfahrungswerten denselben Ansatz für die Verortung der Ladeinfrastruktur wählen?
12. Wo sehen Sie die größten Herausforderungen und Risiken bei der heutigen und zukünftigen Verortung der Ladeinfrastruktur im öffentlich zugänglichen Raum?

Anhang B: Generierte Kategorien bzw. Codes durch die Inhaltsanalyse

Kategorien bzw. Codes

Infrastrukturnetzgestaltung

Akzeptanzfrage
baulicher Aufwand
Bündelung von Laternenladepunkten
Flächenbedarf
mehr Distanz zu Ladepunkten
Mobilitätsdrehscheiben für gebündelte Ladeinfrastruktur
Schnelllader für Ride-Sharing
Trend zur Verdichtung
Wirtschaftlichkeit
Bündelung an Hauptstraßen
Bündelung außerhalb von Quartieren
Netzanschluss kritisch
Bevorzugung von isolierter Ladeinfrastruktur
geringes Nachsteuern bei gebündelter Verortung

Ladepunktconfiguration

ergänzende Räume
Flächenbedarf
geringe Flächeneffizienz
Laternen nicht überall vorhanden
Mobilitätsstationen
Netzbelastung
Nutzbarkeit
Schnellladehubs an Tankstellen
Schnellladen im öffentlichen Raum kritisch
Schnellladen schwer zu realisieren
Schnelllader im Innenstadtbereich
Verhältnis Schnelllader/Normallader
Wirtschaftlichkeit
Schnellladesäulen nicht für den urbanen Raum geeignet
Netzanschluss ist entscheidend
Henne-Ei-Problem
Anwohner/Arbeitgeber - Use-Case Laternenladen
Laternenladen nur eingeschränkt möglich
Laden = Parken
LIS-Hubs für Ride-Sharing geeignet

Multimodale Verknüpfungen

autoarme Quartiere
Bündelung von Laternenladepunkten

Definitionsfrage - Mobilitätsstationen
einheitliches Design
Flächenbedarf Mobilitätsstationen kritisch
Flächenkonkurrenz
höhere Nutzung der Ladeinfrastruktur an Mobilitätsstationen
Kombination Fahrradwege mit Ladeinfrastruktur
kompletten Mobilitätsbedarf bündeln
letzte/erste Meile
Ladeinfrastruktur exklusiv für Car-Sharing
Ladeinfrastruktur -Verknüpfung im Car-Sharing
Mobilitätsstationen an ÖPNV-Umsteigepunkten
Netzerweiterung des Umweltverbunds
Nutzerakzeptanz von Ladeinfrastruktur für Car-Sharing
öffentlichen Raum aufwerten
ÖPNV als Rückgrat
Radinfrastruktur an Ladeinfrastruktur -Standorten
Schnellladesäulen für private Kfz
Stationär/Freefloating-Use-Cases
stationäres Car-Sharing blockiert Ladeinfrastruktur
Synergieeffekte - Planung
Verortung an Mobilitätsstationen
geteilte Mobilität zukünftig im Fokus
Mobilitätspunkte als Voraussetzung für eine verkehrslenkende Wirkung
Neuaufteilung des öffentlichen Raums
Aufmerksamkeitserzeugung durch gebündelte Mobilität
Verknüpfung des MIV mit aktiver Mobilität funktioniert
Wirtschaftlichkeit exklusiver Car-Sharing-Ladeinfrastruktur
Flächendeckendes Netz notwendig
E-Car-Sharing im Fokus
Laternen als Mobilitätspunkte
Standortkriterien für Mobilitätsstationen
Aufenthaltsqualität ist nicht entscheidend bei der Standortwahl
Ausführungsgrößen von Mobilitätsstationen
stationsbasiertes Car-Sharing für die Mobilitätswende
Mobilitätsstationen im Quartier
Reduzierung des MIV
Integration des Car-Sharings

Standortmerkmale öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur

aktive Mobilität
Bündelung von Ladeinfrastruktur
Denkmalschutz
Destination Charging
Distanz

Einwohnerdichte
Flächenauslastung
Flächenbedarf
Fußwegbreite
Großraumparkplätze
gute Verfügbarkeit der Ladeplätze vorhanden
halböffentlicher Raum
hohe Bepreisung der Ladeplätze für Parknutzung
Höhere Verfügbarkeit durch Bündelung
keine Ladeinfrastruktur für Laternenparker
kostenloses Parken an Ladeinfrastruktur
Ladeplatz wird als Parkplatz genutzt
Ladesäulenrückbau auf Durchfahrtsstraßen
längere Standzeiten an Ladesäulen
Laternenparker
Ladeinfrastruktur am Innenstadtrand
mindestens 4 Ladepunkte
mittlere Belegungsabdeckung als Zielkriterium
Mobilitätsstationen
multimodale Verknüpfung
Nebenstraßen als Alternative
Netzanschluss
ordnungsrechtliche Durchsetzung der Parkraumbewirtschaftung
Park & Ride
Parkhäuser
Reservierungsfunktion
Reservierungsfunktion kritisch
Sicherheit
Sichtbarkeit
Stromnetz
Tankstellenkonzept
Tiefgaragen
Umfeldnutzung
weitreichende Push-Maßnahmen erforderlich
wirtschaftliche Use-cases durch Datengenerierung
wohnnah
Wohnstruktur
Wunschstandorte
Zugänglichkeit
zulässige Dauer pro Ladevorgang
Querstraßen
aktive Mobilität auf Durchfahrtsstraßen wirken restriktiv
ÖPNV

Straßenkreuzung
Radschnellwege
Nutzerakzeptanz ist unbekannt
Netzkapazität ist entscheidend
zukünftig induktives Laden
Ladepunkte für Car-Sharing + privat
Car-Sharing allgemein

Verkehrslenkung

Anzeige freier Ladeplätze
Bündelung an Parkhäusern
Flächenkonkurrenz
geringe Akzeptanz bei weiten Distanzen zum Ladepunkt
geteilte Mobilität als Pull Maßnahme
gezielte Verortung schwierig
komplexe Vorgänge
kritisches Netz im öffentlichen Raum
massives Parkraummanagement
Minimierung des Suchverkehrs
Mobilitätskultur ändern
Parkraumbewirtschaftung erforderlich
Parksuchverkehr verringern
Parkverbot als Lösung
Priorität der Verkehrsmittel
Reduzierung der Parkplätze
Reihenfolge der Infrastrukturplanung
strategische Verortung
Umstellung auf geteilte Mobilität
verkehrslenkende Wirkung nicht ersichtlich
wenig Verkehrslenkung im öffentlichen Raum
wenig Wirkung durch strategische Verortung
Wohnstruktur
Stellplatzschlüssel
Push & Pull-Maßnahmen allgemein
Reduzierung des MIV
Alternativen für das Laternenparken
Standortalternativen für den ruhenden Verkehr

Verortungsstrategie

aktive Mobilität
Aufbaukonzept
Daseinsvorsorge
Flächenbedarf kritisch
Flächenkonkurrenz
Grundversorgung + Wunschstandorte

keine Ladeinfrastruktur in Quartieren
kritisches Netz im öffentlichen Raum
nachfrageorientierte Verortung
Wohnstruktur
Förderung des MIV durch Ladeinfrastruktur

Allgemein

aktive Mobilität
Flächenbedarf
Förderung privater Ladeinfrastruktur
Heterogenität der Akteure bei der Umsetzung
Ladesäulenrückbau in der Innenstadt
benötigte Ladeleistung durch Netzzustandsschätzung ermittelbar
Batteriezustand ist ermittelbar
Umsetzung von Push Maßnahmen durch Städte

Anzahl: 223 Kodes (*Dopplungen sind in dieser Liste nicht enthalten*)

Anhang C: Ausbaupotential für benötigte Ladeinfrastruktur

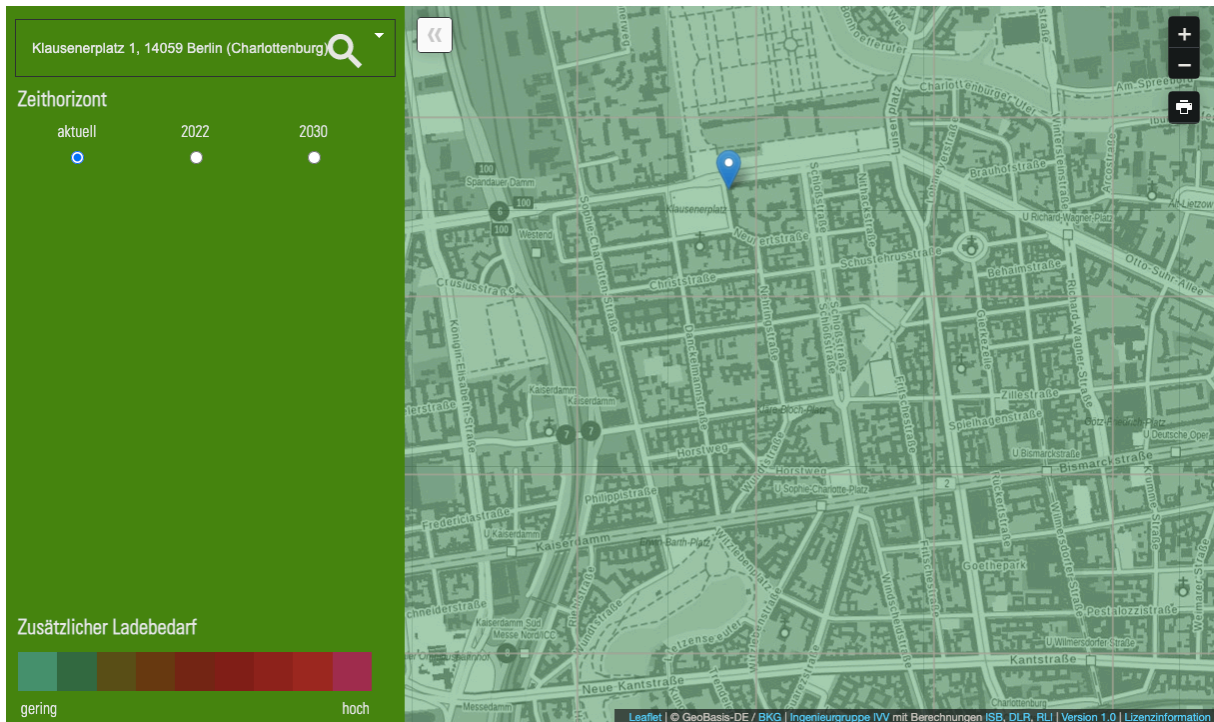


Abbildung 14: Ausbaupotential für benötigte Ladeinfrastruktur (Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG 2020)

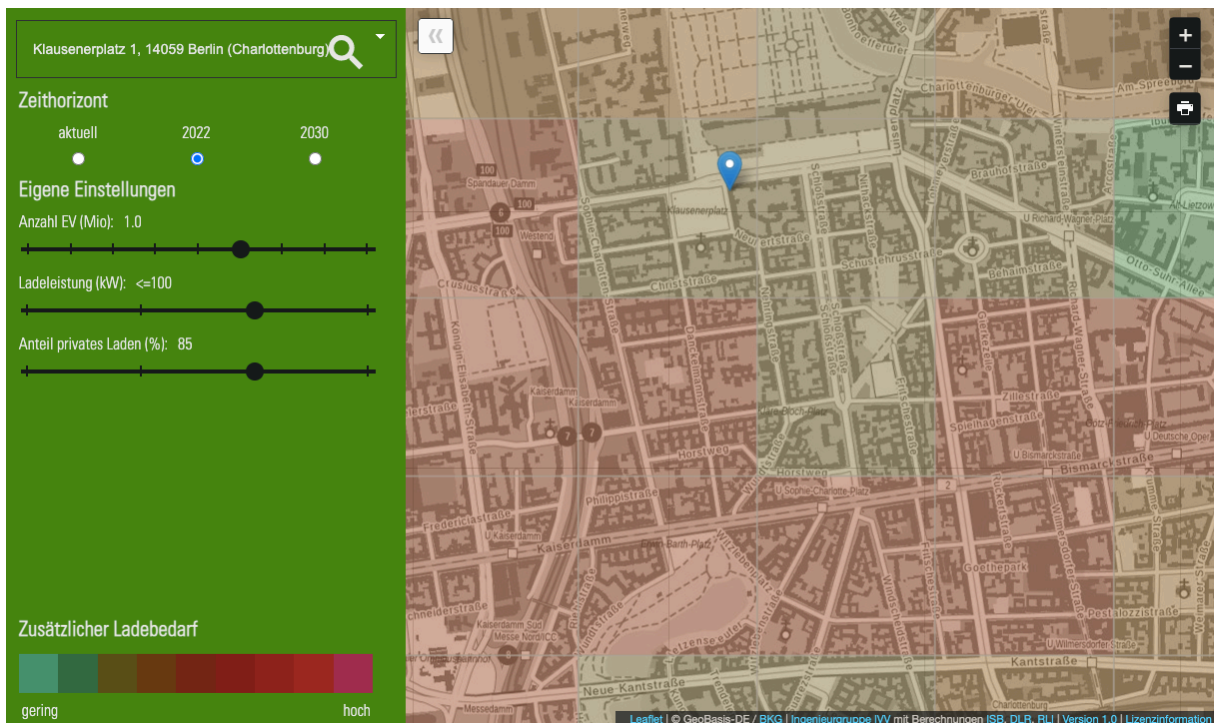


Abbildung 15: Prognostiziertes Ausbaupotential für benötigte Ladeinfrastruktur im Jahr 2022 (Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG 2020)

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und eigenhändig sowie ohne unerlaubte fremde Hilfe und ausschließlich unter Verwendung der aufgeführten Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.

Die selbständige und eigenhändige Ausführung versichere ich an Eides statt.

Fabian Schubert

Berlin, den 12. Januar 2021