Elektromobilitätskonzept Krampnitz

Bauvorhaben	Quartier Krampnitz
	Stadtwerke Potsdam GmbH (SWP) Energie und Wasser Potsdam GmbH (EWP)
Auftraggeber	BMVI
Auftragsvergabe und Studienbegleitung	Projektträger Jülich und Programmgesellschaft NOW
Verantwortliche	Marko Berthold (Geo-En GmbH) Frank Christian Hinrichs (inno2Grid GmbH) Norman Pieniak (Reiner Lemoine Institut) Oliver Arnhold (Localiser RLI GmbH) Stefanie Segbers (eZeit Ingenieure GmbH)
Auftragnehmer	GEO-EN Energy Technologies GmbH Schwedter Str. 9a 10119 Berlin Web: www.Geo-En.de
Fertiggestellt im	Dezember 2020

Beauftragt durch:

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Vergabe und Projektbegleitung durch:

NOW-GMBH.DE

Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis **IV**

Abbildungsverzeichnis **VI**

Tabellenverzeichnis **VIII**

Elektromobilitätskonzept Krampnitz **1**

1 Entwicklung eines Elektromobilitätsszenarios für Krampnitz und die Stadt Potsdam **3**

1.1 Bestandsaufnahme sowie Identifizierung wichtiger Indikatoren und Kriterien des Standorts 3

1.2 Identifizierung und Einbindung relevanter Stakeholder 6

1.3 Festlegung und Anwendung soziodemografischer Faktoren 8

1.4 Analyse der Mobilitätsbedarfe 9

1.5 Dimensionierung der Ladeinfrastruktur 17

2 Versorgungskonzept für die Ladeinfrastruktur für Krampnitz **21**

2.1 Ableitung der mobilitätsbedingten Stromlasten 21

2.2 Ermittlung der EE-Potenziale im Jahresgang 25

2.3 Ermittlung von Versorgungsvarianten für die Elektromobilität 30

3 Betreibermodelle und Kostenschätzung **35**

3.1 Wirtschaftlichkeit der Versorgungsvarianten 35

3.2. Ermittlung von möglichen Betreibern sowie Betreibermodellen 43

3.3. Mögliche Betreibermodelle für die Ladeinfrastruktur und Energieversorgungsanlage 45

3.4. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Ladeinfrastruktur 47

4 Entwicklung eines multimodalen Verkehrsangebots und Konzeption einer digitalen Mobilitätskarte **53**

4.1 Modellierung eines quartiersspezifischen Mobilitätsangebotes 54

4.2 Konzeption einer digitalen Mobilitätskarte – Mobility-as-a Service 79

5 Bewertung der Übertragbarkeit der Studienergebnisse **86**

5.1 Übertragbarkeit des Mobilitätskonzepts 86

5.2. Übertragbarkeit des Energieversorgungskonzepts 95

6 Literaturverzeichnis **98**

Abkürzungsverzeichnis

AC	Alternating current
BGF	Bruttogeschossflächen
BHKW	Blockheizkraftwerk
BSZ	Brennstoffzelle
BVG	Berliner Verkehrsbetriebe
CAPEX	Capital expenditure
CPO	Charge Point Operator
CS	Carsharing
DC	Direkt current
DW	Deutsche Wohnen
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EMP	E-Mobility Service Provider
EV	Electric Vehicle
EWP	Energie und Wasser Potsdam
FF	Freiflächen
GF	Gleichzeitigkeitsfaktor
HT	Hochtemperatur
HV	Hauptverteilung
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IRR	Internal Rate of Return
KFP	Kommunale Fuhrparkservice Potsdam
KfZ	Kraftfahrzeug
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LHP	Landeshauptstadt Potsdam
LIS	Ladeinfrastruktur
LP	Ladepunkte
MaaS	Mobility as a Service
MiD	Mobilität in Deutschland
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MSP	Mobility Service Provider
NGP	Netzgesellschaft Potsdam
OPEX	operational expenditure
ÖPNV	öffentlicher Nahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
Pkw	Personenkraftwagen
PP	ProPotsdam

PV	Photovoltaik
QG	Quartiersgaragen
SP	Stellplätze
SrV	Mobilität in Städten – System repräsentativer Verkehrsbefragungen
UV	Unterverteilung
ViP	Verkehrsbetrieb Potsdam
WACC	Weighted Average Cost of Capital
WE	Wohneinheiten

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Leistungspakete des Elektromobilitätskonzepts 1
Abbildung 2: Screenshot aus der Localiser-Plattform - Lage des Quartiers [1] 3
Abbildung 3: Screenshot aus der Localiser-Plattform - Darstellung von Verkehrsachsen [3] 4
Abbildung 4: Screenshot aus der Localiser-Plattform - Geplante Nutzungsstruktur [4] 4
Abbildung 5: Screenshot aus der Localiser-Plattform - Darstellung der aktuellen Carsharing-Angebote in Potsdam [5] [6] 5
Abbildung 6: Screenshot aus der Localiser-Plattform - Darstellung der aktuellen Bikesharing-Angebote in Potsdam [7] 5
Abbildung 7: Screenshot aus der Localiser-Plattform - Öffentlich zugängliche Ladepunkte in Potsdam, Stand: August 2020 [8] 6
Abbildung 8: Modal Split in Potsdam (links) und im Potsdamer Norden (rechts) 11
Abbildung 9: Modal Split - Szenario Neue Mobilität Krampnitz, Verkehrsgutachten SHP 12
Abbildung 10: Stellplatzbedarf im Quartier nach Nutzungsgruppen [13] 13
Abbildung 11: Screenshot von der Localiser-Plattform - Zuordnung der Gebäude des Quartiers zur nächstliegenden Quartiersgarage 14
Abbildung 12: Screenshot aus der Localiser-Plattform - Verortung der Quartiersgarage W.13 21
Abbildung 13: Wochenlastgänge nach Nutzergruppen 2024, 6 CS 22
Abbildung 14: Kumulierter Wochenlastgang 2024, 6 CS 22
Abbildung 15: Wochenlastgänge nach Nutzergruppen 2029, 10 CS 22
Abbildung 16: Kumulierter Wochenlastgang 2029, 10 CS 23
Abbildung 17: Wochenlastgänge nach Nutzergruppen 2040, 15 CS 23
Abbildung 18: Kumulierter Wochenlastgang 2040, 15 CS 23
Abbildung 19: Wochenlastgänge nach Nutzergruppen 2040, 0 CS 24
Abbildung 20: Wochenlastgänge nach Nutzergruppen 2040, 32 CS 24
Abbildung 21: Kumulierter Jahreslastgang 2029, 10 CS 24
Abbildung 22: Screenschot aus der Localiser-Plattform - Darstellung der Lastkurve in Quartiersgarage W.13 (2040) 25
Abbildung 23: Karte von Krampnitz mit umliegenden Natur-, Landschafts- und Vogelschutzgebieten [22] 27
Abbildung 24: Vorteile von Ost-West-Ausrichtung von PV-Anlagen, eigene Darstellung 28
Abbildung 25: Darstellung der maximalen PV-Potenziale der QG W.13 als Grundlage für Variantenbilanzierungen 29
Abbildung 26: Unterschiede bei den PV-Ertragsprognosen für mittlere und extreme Klimajahre 29
Abbildung 27: Grafische Darstellung der drei Versorgungsvarianten 31
Abbildung 28: Batterieauf- und -entladung im Jahresgang für Variante 1 mit Batterie 32
Abbildung 29: Netzbezug und -einspeisung im Jahresgang für Variante 1 mit Batterie 33
Abbildung 30: PV- und Batteriegrößen aller Varianten im Vergleich 33
Abbildung 31: Netzbezug und -einspeisung aller Varianten im Vergleich 34

Abbildung 32: EE-Anteile aller Varianten im Vergleich 34
Abbildung 33: Anteile der Stromlieferung je Endnutzer pro Jahr 41
Abbildung 34: Betreibermodelle Ladeinfrastruktur und Energieversorgungsanlage 45
Abbildung 35: Ladepunkte, Strombedarf und Strombezug nach Nutzergruppen gesamt 50
Abbildung 36: CAPEX- und OPEX-Struktur 50
Abbildung 37: Einnahmen aus Stellplatzvermietung und Strombereitstellung 51
Abbildung 38: Übersicht Nahversorgungseinrichtungen und soziale Infrastruktur 53
Abbildung 39: Vorgehen zur Flottendimensionierung 60
Abbildung 40: Anwendungsfall für die Bestimmung des klassischen Modal-Splits (ÖPNV, Fuß, Rad, MIV) 61
Abbildung 41: Verteilung der Wegezweck (Quelle: SrV 2018) 65
Abbildung 42: Prognose der Modal Splits in drei Szenarien im Quartier Krampnitz 68
Abbildung 43: Tagesganglinien der Wegezwecke Dienstleistung & Freizeit nach Vogt 2006 70
Abbildung 44: Flottengrößen aus der Bedarfsanalyse 71
Abbildung 45: Übersicht der in Potsdam aktiven Mobilitätsanbieter; Stand 10/2020 73
Abbildung 46: Betreibermodelle für stationäres Carsharing 75
Abbildung 47: Zahlungsfluss Eigenbetrieb 75
Abbildung 48: Zahlungsfluss Fremdbetrieb 76
Abbildung 49: Mögliches Rollenmodell für di Organisation des QG-Betriebs im Kooperationsmodell . 78
Abbildung 50: Multimodale Mobilitätsplattform – Mobilitätsoptionen physisch vernetzt & digital integriert 80
Abbildung 51: Schematische Darstellung des MaaS-Ökosystems 83
Abbildung 52: Jelbi – Schematische Darstellung Angebotskomponenten, eigene Darstellung 84
Abbildung 53: Bereits eingebundene Mobilitätspartner von Jelbi (Stand: 31.01.2020), eigene Darstellung 85
Abbildung 54: Jelbi-Station S-Bahnhof Schönhauser Allee in Berlin [31] 85
Abbildung 56: Darstellung möglicher Betreibermodelle 93

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Charakterisierung der Personengruppen mit geringem Pkw-Besitz 9
Tabelle 2: Angebote zur Bindung von Personengruppen ohne Pkw-Besitz 9
Tabelle 3: Strukturdaten von Potsdam [18] [15] 12
Tabelle 4: Stellplatzverteilung in den Quartiersgaragen 14
Tabelle 5: Hochlauf der Carsharingfahrzeuge je Quartiersgarage 16
Tabelle 6: Verteilung der Stellplatzbedarfe auf die Quartiersgaragen – Carsharingszenario 2040 16
Tabelle 7: Übersicht der Dimensionierung der Ladeinfrastruktur in der Endausbaustufe 19
Tabelle 8: Übersicht der Dimensionierung der Ladeinfrastruktur in der Ausbaustufe 1 19
Tabelle 9: Übersicht der Dimensionierung der Ladeinfrastruktur im Jahr 2029 20
Tabelle 10: Potentiale Erneuerbarer Energien im Quartier Krampnitz 26
Tabelle 11: Flächen für Photovoltaik 28
Tabelle 12: Beschreibungen der drei Versorgungsvarianten 30
Tabelle 13: Vergleich von verschiedenen Batterietechnologien 31
Tabelle 14: Übersicht der LIS Versorgungsvarianten, eigene Angaben Geo-En 35
Tabelle 15: Übersicht der untersuchten Versorgungsvarianten, eigene Angaben Geo-En 36
Tabelle 16: Parameter zur Berechnung der Stromgestehungskosten, eigene Angaben Geo-En und i2g 37
Tabelle 17: Stromgestehungskosten in €/kWh Variante PV Anlage mit/ ohne Energiespeicher, eigene Berechnungen i2g 38
Tabelle 18: Stromgestehungskosten in €/kWh Variante PV Anlage, Brennstoffzelle mit/ ohne Energiespeicher, eigene Berechnungen i2g 39
Tabelle 19: Stromgestehungskosten in €/kWh Variante PV Anlage, BHKW mit/ ohne Energiespeicher, eigene Berechnungen i2g 39
Tabelle 20: Verkaufspreis an Letztverbraucher, eigene Berechnung i2g 40
Tabelle 21: Kosten- und Umsatzrelevante Annahmen 48
Tabelle 22: Ermittelten Stromkosten und -preise 48
Tabelle 23: Ergebniszusammenfassung Wirtschaftlichkeitsanalyse 49
Tabelle 24: Beispielkriterien für die Qualitätseinordnung der ÖPNV-Erschließung, Leitfaden zur Musterstellplatzsatzung NRW 54
Tabelle 25: Verringerung der Anzahl der notwendigen Pkw-Stellplätze 55
Tabelle 26: Unterscheidung von drei Mieterticket-Modellen 56
Tabelle 27: Mögliche Maßnahmen zur Verringerung der Kfz-Verkehrs, in Anlehnung an: Zukunftsnetzwerk NRW – Kommunale Stellplatzsatzung, Leitfaden zur Musterstellplatzsatzung NRW [24] 58
Tabelle 28: Altersstrukturen Brandenburg [24] 62
Tabelle 29: Verhaltenshomogene Gruppen in Brandenburg [27] 63
Tabelle 30: Vergleich der Mobilitätstypenzusammensetzung 64
Tabelle 31: Nutzungswahrscheinlichkeit ausgewählter Sharingangebote nach Mobilitätstyp 64

Tabelle 32: Nutzungswahrscheinlichkeit ausgewählter Sharingangebote nach Wegezweck 66
Tabelle 33: Nutzungswahrscheinlichkeit der Verkehrsmittel in Abhängigkeit der Distanz 67
Tabelle 34: Übersicht der Wegezwecke und in der Flottendimensionierung berücksichtigten Sharing-Modi und Sharing-Systeme 70
Tabelle 35: Stellplatzschlüsselnachweis - Theoretisch geschaffene Anzahl an Stellplätzen durch die Integration von Mobilitätsangeboten 72
Tabelle 36: Potenzielle Mobilitätsanbieter für die Quartiersentwicklung in Krampnitz 74
Tabelle 37: Kostenindikation - Rechenbeispiel zur Grundlogik des Bereitstellungsmodells für ein Carsharingangebot 76
Tabelle 38: Vor- und Nachteile der Betreibermodelle 77
Tabelle 39: Eckdaten des Quartiers Krampnitz 87
Tabelle 40: Maßnahmen zur Verringerung der Pkw-Verkehrs (NRW) 89
Tabelle 41: Gegenüberstellung Ladeinfrastruktur Betreibermodelle 93

Elektromobilitätskonzept Krampnitz

Das zukünftige Stadtquartier Potsdam Krampnitz soll zu einem modernen und lebendigen Stadtteil entwickelt werden. Neben der Hauptnutzung *Wohnen* wird das Quartier vielfältige dezentrale Einrichtungen beheimaten und nach dem städtebaulichen Leitbild „Quartier der kurzen Wege" erbaut. Damit wird bereits die Grundvoraussetzung geschaffen, auf den eigenen Pkw zu verzichten. Für eine erfolgreiche Mobilitätsstrategie müssen jedoch zusätzliche neue Mobilitätsangebote integriert und für die Bewohnenden und Besuchenden attraktiv gestaltet werden.

In neun dezentral angeordneten Quartiersgaragen werden Stellplätze für alle Nutzungsgruppen sowie Mobilitätsalternativen, wie Sharing, angeboten. Aufgrund des politisch vorgegebenen Stellplatzschlüssels von 0,5 Fahrzeugen pro Wohneinheit ist es erforderlich neben dem öffentlichen Nahverkehr (ÖPNV) und gut ausgebauten Radwegen weitere Alternativen zum eigenen Pkw zu schaffen. Die Quartiersgaragen werden, wie auch das Quartier selbst, möglichst klimaneutral mit eigenproduziertem Strom versorgt.

Das vorliegende Elektromobilitätskonzept zeigt, wie eine zukunftsweisende Mobilität im Quartier umgesetzt werden kann (Abbildung 1). Der Fokus liegt auf der bedarfsgerechten Versorgung der (E-) Mobilitätsbedarfe durch Ladepunkte und Sharingangebote in den Quartiersgaragen und auf der Energieversorgung auf Basis von lokalen Erneuerbaren-Energie-Anlagen (EE-Anlagen).

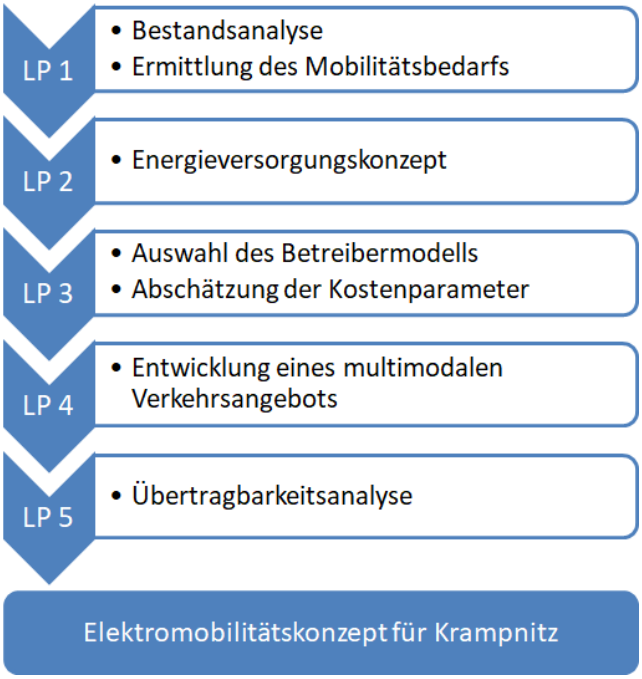


Abbildung 1: Leistungspakete des Elektromobilitätskonzepts

Im ersten Leistungspaket wird eine Bestandsanalyse durchgeführt und der zukünftige Mobilitätsbedarf ermittelt. Basierend auf dem prognostizierten Nutzungsverhalten wird ein Konzept vorgelegt, das auf die zukünftigen Entwicklungen in dem Quartier Krampnitz abgestimmt ist.

Anschließend wird in Leistungspaket 2 ein Konzept zur energetischen Versorgung der notwendigen Ladeinfrastruktur entwickelt. Hierbei werden unterschiedliche Versorgungsvarianten untersucht. Hauptsächlich handelt es sich hierbei um eine Kombination aus Photovoltaik (PV)- und Stromspeicheranlagen. Auch der Einsatz von Brennstoffzellen (BSZ) und Blockheizkraftwerken (BHKWs) wird untersucht.

Auf Basis des Mobilitäts- und Energieversorgungskonzepts folgt in Leistungspaket 3 die Ermittlung eines geeigneten Betreibermodells der Ladeinfrastruktur und eine Kostenabschätzung der Ladeinfrastruktur und der Versorgungsanlagen. Mit diesen Angaben wird anschließend ein multimodales Verkehrsangebot entwickelt. Abschließend folgt im letzten Leistungspaket eine Bewertung der Konzepte und Prüfung der Übertragbarkeit auf weitere Quartiere.

1 Entwicklung eines Elektromobilitätsszenarios für Krampnitz und die Stadt Potsdam

Bevor auf die Entwicklung eines Elektromobilitätsszenarios im Quartier Krampnitz eingegangen wird (Kapitel 1.4 und 1.5), werden in einer kurzen Bestandsaufnahme wichtige Indikatoren aus der Quartiersumgebung, wie die verkehrliche Anbindung, bestehende Sharing- und Ladeangebote sowie die geplante Nutzungsstruktur im Quartier beschrieben (Kapitel 1.1). Anschließend folgt eine Beschreibung, wie die Einbindung der Stakeholder ins Projekt erfolgte (Kapitel 1.2) und welche zukünftigen Nutzungsgruppen identifiziert wurden (Kapitel 1.3).

1.1 Bestandsaufnahme sowie Identifizierung wichtiger Indikatoren und Kriterien des Standorts

Lage des Quartiers und Identifikation von Verkehrsachsen in der näheren Umgebung

Das Quartier Krampnitz befindet sich ca. zehn Kilometer nördlich der Potsdamer Innenstadt und ist von dort mit dem Auto in etwa zwanzig Minuten, mit dem Fahrrad in ca. dreißig Minuten zu erreichen. Es liegt in einem Dreieck zwischen der stark befahrenen B2, die hier von Potsdam in den Ortsteil Berliner Kladow und weiter nach Spandau führt, und der Ketziner Straße, die nach Fahrland und weiter Richtung Nordosten führt (Abbildung 2).

Abbildung 2: Screenshot aus der Localiser-Plattform - Lage des Quartiers [1]

Das Quartier ist mit diesen drei Zufahrtsstraßen gut an das umgebende Straßennetz angeschlossen. Durch die Straßenführung am Quartier vorbei wird gleichzeitig der Durchgangsverkehr minimiert. Die letzte Verkehrszählung aus dem Jahr 2015 hat an diesem Straßenabschnitt der B2 eine durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke von über 12.300 Kraftfahrzeugen (Kfz) ergeben, für die Ketziner Straße wurden fast 8.700 Kfz ermittelt [2] (Abbildung 3).

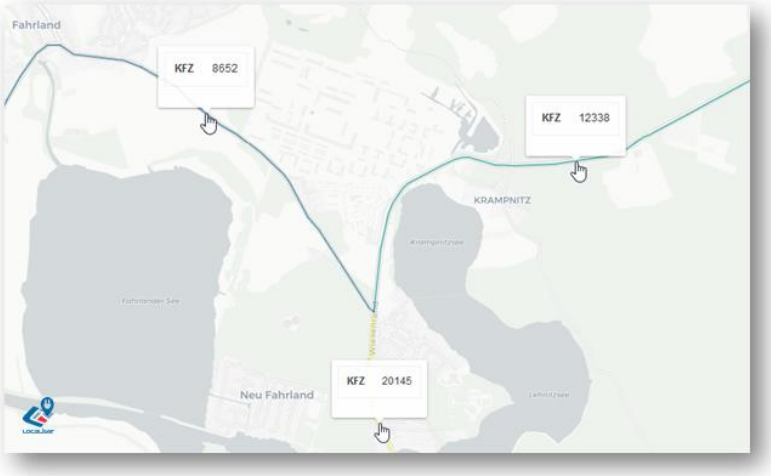


Abbildung 3: Screenshot aus der Localiser-Plattform - Darstellung von Verkehrsachsen [2]

Identifikation von geplanten Nutzungsstrukturen im Quartier

Für das zu entwickelnde Gebiet im Quartier Krampnitz ist eine gemischte Nutzung aus Wohnraum, Flächen für Gewerbe und Nahversorger sowie Orte des Gemeinbedarfs wie Kitas und Schulen vorgesehen. Den ruhenden Pkw-Verkehr sollen neun Quartiersgaragen aufnehmen, so dass Stellplätze im öffentlichen Straßenraum nicht nötig sind und dieser Raum anderweitig genutzt werden kann. Diese Garagen sollen als Mobilitätszentralen dienen, an denen Mobilitätsangebote wie etwa Carsharing oder Ladeinfrastruktur für batterieelektrische Fahrzeuge angeboten werden (Abbildung 4).

Abbildung 4: Screenshot aus der Localiser-Plattform - Geplante Nutzungsstruktur [3]

Verfügbarkeit von Sharing-Angeboten in Potsdam

In der Landeshauptstadt Potsdam ist die Verfügbarkeit von Sharingfahrzeugen zum momentanen Zeitpunkt eher gering. Die Bestandsaufnahme zeigt die Stationen der bereits in Potsdam angesiedelten Car- und Bikesharing-Angebote. Unter den sechs verfügbaren Carsharing-Stationen in Potsdam, sind fünf vom Anbieter Greenwheels und eine Station von Flinkster. Weiterhin gibt es 35 Bikesharing-Standorte in Potsdam und zwölf weitere Standorte in der näheren Umgebung, die unter dem Namen „PotsdamRad“ von nextbike angeboten werden. Die Verortung der Sharing-Angebote im Stadtgebiet kann den beiden nachfolgenden Abbildung 5 und Abbildung 6 entnommen werden [4] [5] [6].

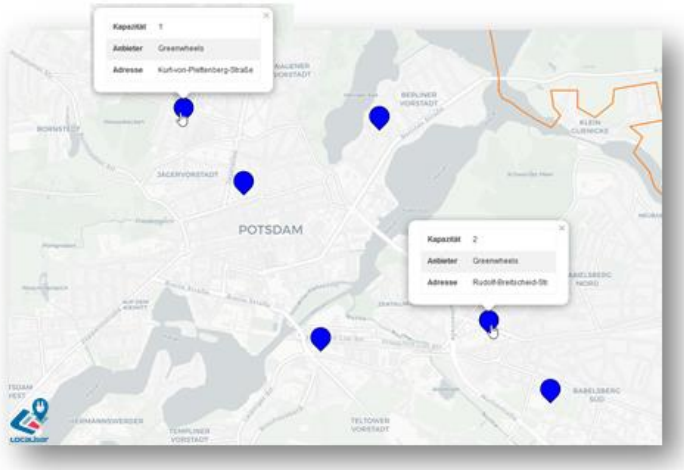


Abbildung 5: Screenshot aus der Localiser-Plattform - Darstellung der aktuellen Carsharing-Angebote in Potsdam [4] [5]

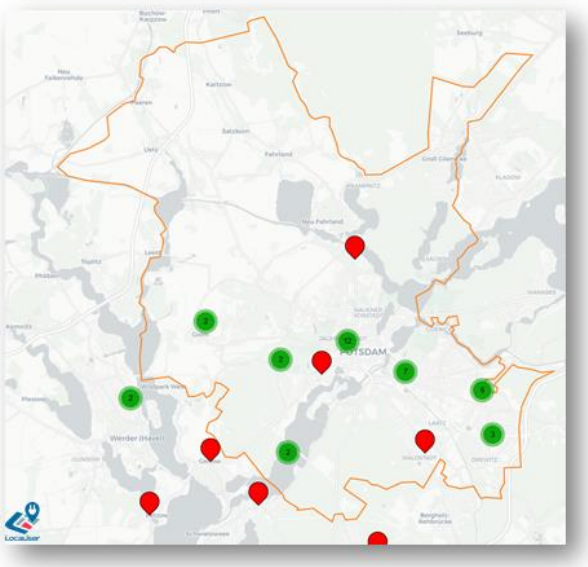


Abbildung 6: Screenshot aus der Localiser-Plattform - Darstellung der aktuellen Bikesharing-Angebote in Potsdam [6]

Verfügbarkeit Ladeinfrastruktur im näheren Umfeld

Auf dem Gebiet der Landeshauptstadt Potsdam gibt es derzeit 55 öffentlich zugängliche Ladepunkte [7], die sich vor allem in der Potsdamer Innenstadt befinden. Die vom Quartier Krampnitz aus am besten zu erreichenden Lademöglichkeiten sind zwei 22 kW Ladepunkte der Energie und Wasser Potsdam GmbH (EWP) am Campus Jungfernsee an der B2 Richtung Potsdamer Innenstadt, zwei 11 kW Ladepunkte auf einem REWE-Parkplatz in Großglienicke an der B2 Richtung Spandau und zwei 22 kW Ladepunkte der EWP am Bahnhof Marquardt.

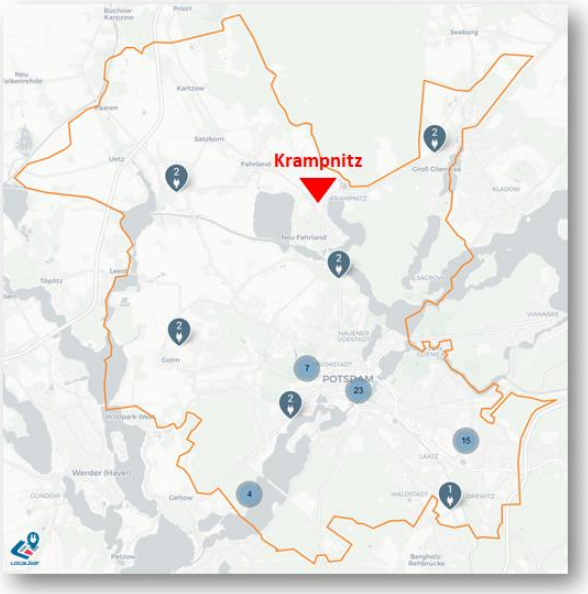


Abbildung 7: Screenshot aus der Localiser-Plattform - Öffentlich zugängliche Ladepunkte in Potsdam, Stand: August 2020 [7]

1.2 Identifizierung und Einbindung relevanter Stakeholder

Die Umsetzung des Elektromobilitätskonzeptes bedingt die Bereitschaft und die Ambitionen der vor Ort bereits eingebunden Stakeholder. Deswegen wurde als Teil dieses Konzeptes ein Fragebogen entwickelt, der die Herausforderungen und Chancen aus Sicht dieser Akteure beleuchten soll. Als die wichtigsten Stakeholder wurden folgenden Personenkreise identifiziert: Mit dem Entwicklungsträger/ ProPotsdam, Deutsche Wohnen, Energie und Wasser Potsdam, Netzgesellschaft Potsdam, Landeshauptstadt Potsdam sind Akteure aus unterschiedlichen Verantwortungsbereichen und dadurch auch mit unterschiedlichen Interessen vorzufinden. In individuellen Interviews wurden Fragestellungen zu Plänen, Herausforderungen, Potenzialen und Handlungsoptionen gemeinsam diskutiert. Die wichtigsten Erkenntnisse der Gespräche sind im Folgendem zusammengefasst:

Deutsche Wohnen (DW)

DW strebt die CO_2-neutrale Versorgung im Quartier an, dies nicht nur bilanziell, sondern gesamt-ökologisch. DW konzentriert sich aktuell auf Ladeinfrastrukturbereitstellung, hat sich bei Inbetriebnahme und Betrieb bislang für kein Geschäftsmodell entschieden. Sämtliche Varianten sind denkbar: externe Dienstleister, DW selbst Dienstleister etc. Die Erhöhung der Nachhaltigkeit sollte durch die Ladung der E-Mobilität durch Vor-Ort-Strom gewährleistet werden.

Entwicklungsträger/ ProPotsdam (PP)

PP strebt die CO_2-Neutralität im Quartier Krampnitz bis 2050 an entsprechend dem Masterplan Energie für Krampnitz (für Wärme und Kälte, da Strom und Mobilität den Nutzenden obliegt). Das Quartier ist als selbsttragendes städtische Quartier geplant, in dem alle Orte fußläufig erreichbar sind (KiTa, Schule, Pflege, Bibliothek, etc.).

Energie und Wasser Potsdam (EWP)

Die EWP wird sich zukünftig stärker auf das Thema E-Mobilität fokussieren. Hauptfragestellung für das Quartier Krampnitz wird es dann auch sein, wie das Lastmanagement des Quartiers und der E-Mobilität im Besonderen umgesetzt wird. Als Alternative zum MIV wird geteilte Mobilität im Quartier näher beleuchtet. Mögliche Akteure sind die VIP und der KFP. Die EWP ist mit aktuell 20 öffentlichen Ladepunkten und bis 2024 550 Ladepunkten im Endkundenbereich maßgeblicher Treiber für den Ausbau der Ladeinfrastruktur in Potsdam.

Netzgesellschaft Potsdam (NGP)

Als Netzbetreiber wird die NGP im Projekt den Ausbau der Netzinfrastruktur gewährleisten. Aktuell wird mit einem Netzanschluss von ca. 23 MW inkl. dem Ladebedarf aus der E-Mobilität geplant. Beim Lastmanagement ist darauf zu achten, dass nicht zu viele verschiedene Systeme genutzt werden. Es wird wahrscheinlich auf einen kaskadenförmigen Aufbau hinauslaufen.

Landeshauptstadt Potsdam (LHP)

Es sollen neue Mobilitätskonzepte im Quartier Krampnitz implementiert werden, die durchaus als Vorlage für weitere Quartiere dienen sollen. Für den Betrieb der Quartiersgaragen und des Carsharings gibt es bisher keine konkreten Pläne.

Grundsätzlich gilt, dass alle Akteure die Herausforderungen zur ökologischen Versorgung und netzdienlichen Integration der Elektromobilität im Quartier Krampnitz auf unterschiedliche Arten adressieren werden. Auch wenn einige Fragestellungen in Hinsicht auf die Umsetzung des Mobilitätskonzepts nicht abschließend beantwortet werden konnten, haben die Interviews wichtige Informationen und konstruktive Hinweise für die Bearbeitung des Projekts geliefert. Folgende Fragestellungen sollten noch vor Beginn des Erstbezugs des Quartiers beantwortet werden:

- Welche alternativen Mobilitätsangebote werden im Quartier umgesetzt, sodass auch vor Finalisierung der Tramanbindung der Anreiz für die Bewohnenden gegeben ist, auf das eigene Auto zu verzichten?

- Bis zur Fertigstellung der Tram wird Seitens der ViP ein Busvorlaufbetrieb mit enger Taktfolge bereitgestellt. Wer wird weitere alternative Mobilitätsangebote betreiben?

Diese und weitere Aspekte werden in Kapitel 4 näher beleuchtet. Das dort beschriebene Konzept zeigt, wie eine mögliche Umsetzung aussehen könnten. Hierbei ist weiterhin eine intensive Abstimmung zwischen den bereits involvierten Stakeholdern und möglichen externen Partnern erforderlich.

1.3 Festlegung und Anwendung soziodemografischer Faktoren

Aktuell steht noch nicht fest, wie die Bewohnenden-Struktur im Quartier Krampnitz aussehen wird. Als sogenanntes „All-Inclusive-Quartier" [8] macht sich das Quartier Krampnitz aber zur Aufgabe für möglichst breite Bevölkerungsgruppen attraktiv zu sein und als „Stadt(-teil) der kurzen Wege" ein umfassendes Angebot an Infrastruktur wie Schulen und Kitas, Einkaufen und Arbeit bereitzustellen. Eine gute Erreichbarkeit dieser Orte sowie eine gute öffentliche Anbindung an das Stadtzentrum soll es den Bewohnenden ermöglichen, auf ein eigenes Auto zu verzichten. Stattdessen werden radfahrer- und fußgängerfreundliche Straßenräume, gut ausgebaute Radschnellwege, öffentliche Verkehrsmittel (Bus und Tram) und ein umfangreiches Sharing-Angebot für die nötige Mobilität sorgen. Gleichzeitig stehen mit einem Stellplatzschlüssel von 0,5 Fahrzeuge pro Wohneinheit nur wenige Parkplätze für die Bewohnenden zur Verfügung.

Die Zukunft eines autoarmen Stadtteils kann nur unter der Annahme Realität werden, dass überwiegend Personengruppen mit einem geringen Pkw-Besitz und einer hohen Affinität zur Nutzung des Umweltverbundes (zu Fuß, Rad, ÖPNV) ins Quartier Krampnitz ziehen.

Laut der Studie „Mobilität in Deutschland (MiD)" [9] haben vor allem Personengruppen, die in kleinen Haushalten (1-2 Personen) leben und mit einem eher niedrigen ökonomischen Status keinen eigenen Pkw. Aber auch weitere Personengruppen sind bereit auf ein Auto zu verzichten, wenn die Rahmenbedingungen stimmen und beispielsweise ein neuer Lebensabschnitt wie Umzug ansteht [10]. Diese Offenheit gegenüber neuen Mobilitätsgewohnheiten sollte direkt beim Erstbezug der neuen Bewohnenden berücksichtigt werden. Vor allem tägliche Wege wie zur Arbeit oder Schule/Kita sollten mit Verkehrsmitteln des Umweltverbundes kosten- und zeitoptimal zu erreichen sein.

In der Studie „Toward New Urban Mobility: The case of London and Berlin" [11] wurden Nutzungsgruppen näher charakterisiert und drei Mobilitätstypen identifiziert, die ihren Eigenschaften zufolge ideal für das Leben in einem autoarmen, zukunftsorientierten Quartier wie Krampnitz wären. Insgesamt werden drei Nutzungsgruppen identifiziert: Green travel oriented, Innovative access-oriented und Pragmatic transit-oriented. Die nachfolgende Tabelle geht näher auf die Charakterisierung dieser Gruppen ein.

Tabelle 1: Charakterisierung der Personengruppen mit geringem Pkw-Besitz

Green travel oriented	Innovative access-oriented	Pragmatic transit-oriented
Mittleres/ hohes Alter, geringes Einkommen	Jung mit hohem Einkommen	Mittleres Alter, geringes/ mittleres Einkommen
Geringer Auto-Besitz	Geringer Auto-Besitz	Geringer Auto-Besitz
Geht viel zu Fuß	ÖV als Hauptverkehrsmittel, nutzt aber auch Auto und Rad	ÖV als Hauptverkehrsmittel
Wohnt eher zentral bzw. mit guter öffentlicher Verkehrsanbindung	Wohnt eher zentral bzw. mit guter öffentlicher Verkehrsanbindung	Wohnt eher zentral bzw. mit guter öffentlicher Verkehrsanbindung
Nachhaltige Einstellung, aber wenig Interesse an neuen Mobilitätsformen	Nachhaltige Einstellung, mit hohem Interesse an neuen Mobilitätsformen	Offen für neue Technologien und Mobilitätsformen

Um die identifizierten Personengruppen anzusprechen und für einen Verzicht auf das eigene Auto einzustimmen, sollten bereits von Beginn an folgende Angebote wie in der untenstehenden Tabelle implementiert werden.

Tabelle 2: Angebote zur Bindung von Personengruppen ohne Pkw-Besitz

Personengruppen	Implementierung folgender Angebote
Erstbewohnende/ Neu Zugezogene sind eher offen für Veränderungen und neue Mobilitätsgewohnheiten	1. zielgerichtete Informationskampagne mit der Darstellung der Angebote
Berufspendelnde als Gewohnheitsmenschen	1. Gute ÖPNV/Rad-Anbindung für zeitlich und finanziell optimierten Arbeitsweg
Green travel oriented, Pragmatic transit-oriented und Innovative access-oriented-Mobilitätstypen neigen zu einem geringen Pkw-Besitz und starker Nutzung des Umweltverbunds	1. Walkable City: fußläufige Entfernung aller Orte des täglichen Bedarfs (Nahversorger, Kita, Schule) 2. Gute ÖPNV-Anbindung 3. Angebot neuer Mobilitätsformen (Sharing) zur Deckung der individuellen Mobilitätsbedürfnisse

1.4 Analyse der Mobilitätsbedarfe

Zur Identifikation der Ladebedarfe und alternativer Mobilitätsangebote werden in diesem Abschnitt das Mobilitätsverhalten und die zukünftigen Mobilitätsbedarfe der Nutzungsgruppen bestimmt. Basierend auf dieser Analyse kann nachfolgend das Sharingangebot dimensioniert und die benötige Ladeinfrastruktur ausgelegt werden.

Für die Ermittlung des Mobilitätsbedarfs werden alle zukünftigen Nutzungsgruppen berücksichtigt. Das beinhaltet Bewohnende und Besuchende, Gewerbe und dessen Kundschaft sowie öffentliche Einrichtungen. Für die Erarbeitung der Nutzungsgruppen wurden folgenden Eingangsparameter aus den bereits vorhandenen Daten und Untersuchungen [12] zusammengetragen:

- Etwa 10.000 Bewohnende (4.900 Wohneinheiten)
- Sieben dezentral verteilte Kitas und zwei dreizügige Grundschulen mit Hort
- Eine weiterführende Schule mit etwa 800 Schüler*innen
- Freizeiteinrichtungen wie Bibliothek, Familienzentrum, Sporteinrichtungen
- Sondernutzung (Pflege, Hotel) mit 44.000 m^2 BGF
- Zwei Nahversorger und ein Vollsortimenter mit einer Gesamtverkaufsfläche von ca. 5.000 m^2
- Publikumsorientiertes Gewerbe (Apotheke, Gastronomie, Büro usw.) und Gewerbe zur urbanen Produktion am Erschließungsring
- Weitere weniger publikumsorientierte Gewerbefelder im Quartier

1.4.1 Mobilitätsverhalten in Potsdam und die Übertragbarkeit auf das Quartier Krampnitz

Als Basis für die Ermittlung der zukünftigen Mobilitätsbedarfe im Quartier Krampnitz dient eine Analyse des bisherigen Mobilitätsverhalten in Potsdam.

Gemäß der „Mobilität in Städten – System repräsentativer Verkehrsbefragung (SrV)“ von 2018 [13] nutzen rund 68 % der Bewohnenden Potsdams öffentliche Verkehrsmittel und das Fahrrad oder gehen zu Fuß, um sich von A nach B zu bewegen. Demnach wird der private Pkw knapp ein Drittel (32 %) aller Wege genutzt. Während in den innenstadtnahen Bereichen der Landeshauptstadt mehr geradelt (23 %) und zu Fuß (24 %) gegangen wird, weisen die dezentral gelegenen Ortsteile im Potsdamer Norden, in denen Krampnitz liegt, relativ große Haushaltsgrößen und eine hohen Pkw-Verfügbarkeit auf. Aufschluss über den Modal Split der Randgebiete Potsdams liefern die Hochrechnungen der Landeshauptstadt Potsdam anhand der SrV-Daten 2013 [14] . Gemäß der Berechnung für den Potsdamer Norden für das Jahr 2018 entfällt ein Anteil von lediglich 13 % auf den Radverkehr gegenüber einem rund 57 %-igen Anteil vom motorisierten Individualverkehr (MIV) am Verkehrsaufkommen [15]. Ferner hat der Fußverkehr keinen Anteil am Verkehrskaufkommen (0 %) [15]. Der hochgerechnete Modal Split ist Abbildung 8 zu entnehmen.

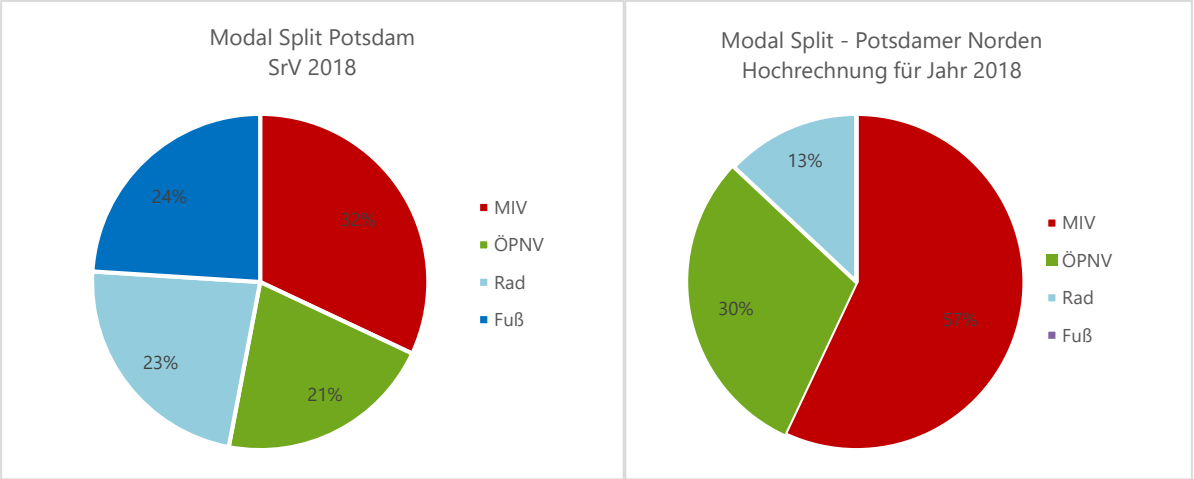


Abbildung 8: Modal Split in Potsdam (links) und im Potsdamer Norden (rechts)

Da das neugebaute Quartier Krampnitz fußgängerfreundlich und autoarm gestaltet werden soll, ist hier zukünftig von einem sehr abweichenden Modal Split gegenüber dem Modal Split des Potsdamer Nordens auszugehen. Die aktuellen Planungen aus dem Mobilitätskonzept der SHP Ingenieure [12] zeigen einen starken Fokus auf Verkehrsmitteln des Umweltverbundes, um den Stellwert eines eigenen Pkws zu reduzieren und den Anteil des MIV möglichst gering zu halten. Folgende Maßnahmen sind bereits im Bauvorhaben berücksichtigt:

- **ÖPNV:** Um eine Mobilitätsversorgung des autoarmen Quartiers zu gewährleisten und einer Überlastung der Bundestraße B2 entgegenzuwirken, soll die Tramlinie 96 das Quartier erschließen. Die schienengebundene Anbindung, welche bis Ende 2029 fertiggestellt werden soll, verbindet das Quartier mit dem Campus Jungfernsee im 10-min-Takt [16]. Es sind drei Haltestellen im Quartier vorgesehen: Krampnitz Ost, Mitte und West. Hinzu kommen drei Busverbindung, die im 15-min-Takt verkehren. Die Haltestellen Ost und West fungieren dabei als Umsteigehaltestellen. Bis zur Fertigstellung der Tramlinie 96 wird ein eng getakteter Busvorlaufbetrieb die Anbindung des Quartiers sicherstellen.

- **Radverkehr:** Zur Gewährleistung eines sicheren und attraktiven Radverkehrs sind sowohl Hauptrouten entlang des zentralen Erschließungsrings als auch Nebenrouten mit Verteilungsfunktion geplant. Außerdem soll eine Fahrradstraße südlich des Parks errichtet werden, auf der Radfahrende bevorrechtigt sind. Für eine gute Anbindung an das Potsdamer Zentrum ist ein Radschnellweg geplant, der sich für alltägliche (Pendel-) Wege gut eignet. Neben dem Radwegenetz selbst sind auch Abstellanlagen für die Räder erforderlich. Diese sollen sicher, wettergeschützt und gut zugänglich in der Nähe der Wohngebäude, Einkaufsmöglichkeiten und ÖPNV-Haltestellen errichtet werden. Weitere Planungen sind bisher ausstehend.

- **Weitere Mobilitätsangebote:** In dem Mobilitätskonzept wird außerdem zur Ergänzung von Bus- und Radverkehr die Integration alternativer Angebote empfohlen. Dies beinhaltet sowohl Car- und Bikesharing als auch weitere Alternativen wie Mobility as a Service (MaaS)-Lösungen.

Der Bedarf und die Umsetzungsmöglichkeiten dieser Angebote werden in Kapitel 4 näher beschrieben.

Basierend auf diesen Überlegungen nehmen SHP Ingenieure in ihrem Mobilitätskonzept [12] einen veränderten Modal Split an. Abbildung 9 zeigt das Modal Split-Szenario für das fertiggestellte Quartier Krampnitz auf. Auffallend ist der hohe Anteil an Fußverkehr (30 %) und der reduzierte Anteil am MIV (30 %) im Vergleich zu den zuvor betrachteten Modal Splits. Ebenfalls fällt auf, dass in diesem die Sharingmodi unberücksichtigt bleiben. Darüber hinaus werden im Kapitel 4 Modal Splits simuliert, welche den Sharinganteil aufzeigen.

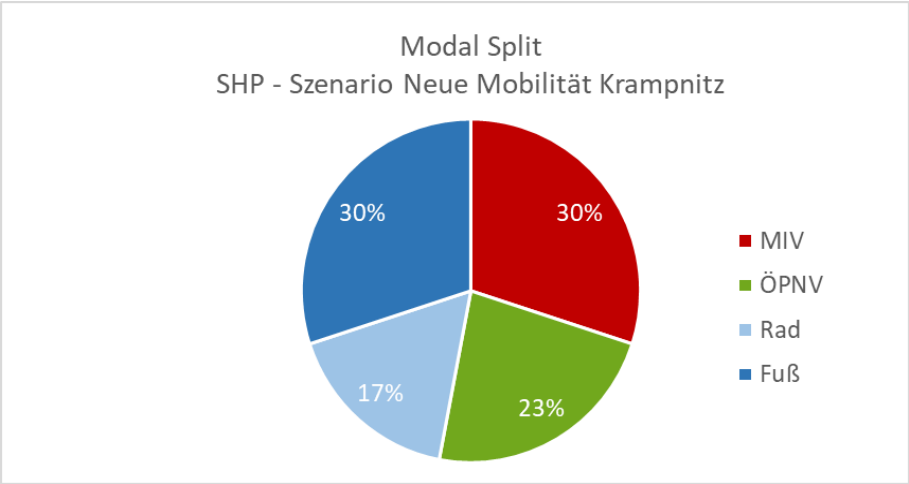


Abbildung 9: Modal Split - Szenario Neue Mobilität Krampnitz, Verkehrsgutachten SHP

1.4.2 Abschätzung der Fahrleistung des MIV zur Dimensionierung der Ladeinfrastruktur

Strukturdaten des Quartiers

Neben dem für das Quartier Krampnitz angepassten Modal Split sind weitere Strukturdaten der Stadt Potsdam [17] und dem Mobilitätskonzept der SHP Ingenieure [12] notwendig, um den zukünftigen Mobilitätsbedarf im Quartier zu bestimmen. In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die Struktur- und Mobilitätsdaten für Potsdam und Krampnitz aufgelistet.

Tabelle 3: Strukturdaten von Potsdam [17] [14]

Strukturdaten Potsdam	
Bewohnende Potsdam	178.089
Zugelassene Pkw [18]	74.974
Motorisierungsgrad [Pkw/Person]	0,42
Durchschnittlich zurückgelegte Strecke mit dem Pkw [km], privat	17,1
Wege pro Tag pro Person, privat	2,8
Modal Split, privat	32 %

Durchschnittlich zurückgelegte Strecke mit dem Pkw [km], geschäftlich	19
Wege pro Tag pro Person, geschäftlich	2,5
Modal Split, geschäftlich	74 %
Strukturdaten des Quartiers Krampnitz	
Bewohnende im Quartier Krampnitz:	10.290
Gleichzeitigkeitsfaktor Anwesenheit:	0,89
Voraussichtlich zugelassene Anzahl an Pkw	3.820
Anzahl der Personen pro Haushalt	2,3
Stellplatzschlüssel, privat	0,5

Die Strukturdaten der Stadt Potsdam sowie des Quartiers dienen sowohl als Grundlage für die weiteren Berechnungen der Fahrleistung als auch für die Auslegung der Sharingflotten (siehe Kapitel 4).

Abschätzung der Stellplatzverteilung

Für die Planung der Ladeinfrastruktur für Elektro-Pkw wird in einem ersten Schritt der Stellplatzbedarf, wie er im Mobilitätskonzept der SHP Ingenieure ermittelt wurde [12] (Abbildung 10), auf die Quartiersgaragen verteilt.

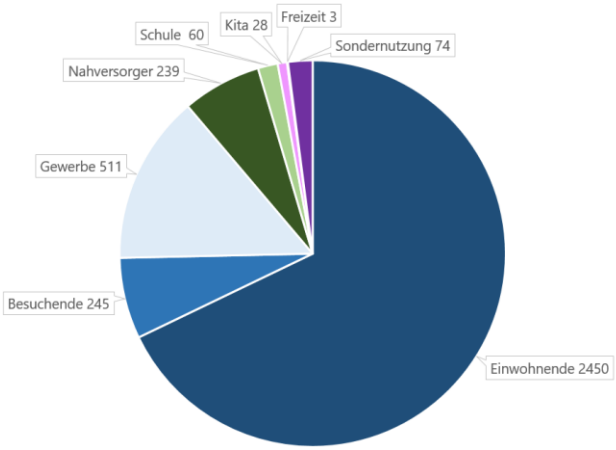


Abbildung 10: Stellplatzbedarf im Quartier nach Nutzungsgruppen [12]

Grundlage für die Stellplatzverteilung stellt der „Massenplan_FKE“ [3] vom Januar 2020 dar. Hierbei wurde der Stellplatzbedarf

- für Einwohnenden und Besuchenden nach Grundfläche für „Wohnen“ und Stockwerkanzahl,
- für Gewerbe nach Grundfläche für „Gewerbe“
- für Nahversorger gemäß der Verkaufsfläche
- für Kitas nach Grundfläche der Gebäude „Kita“
- für die restlichen Nutzungsgruppen gleichmäßig auf die jeweiligen Gebäude

verteilt.

Anschließend werden die zu errichtenden Gebäude des Quartiers der nächstliegenden Quartiersgarage zugeordnet (Zuordnung: siehe Abbildung 11) und die jeweiligen Stellplatzbedarfe über die Quartiersgaragen und Nutzungsgruppen aufaddiert.

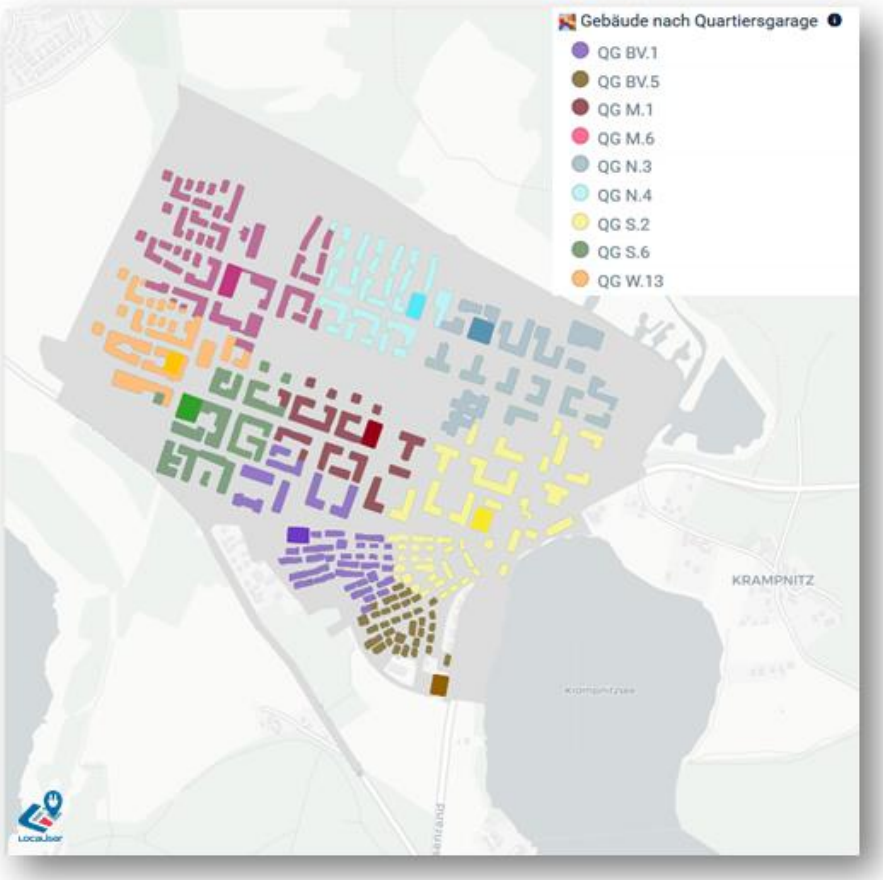


Abbildung 11: Screenshot von der Localiser-Plattform - Zuordnung der Gebäude des Quartiers zur nächstliegenden Quartiersgarage

Das Ergebnis der Stellplatzverteilung für alle Nutzungsgruppen sowie die Carsharing-Fahrzeuge ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Stellplatzverteilung in den Quartiersgaragen

Garage	Fertig-stellung	Pkw Gewerbe	Pkw Sonder-nutzung	Pkw Nah-versorger	Pkw Kita	Pkw Schule	Pkw Freizeit	Pkw Bewoh-nende*	Summe Pkw
QG BV.1	2025	10	0	0	0	0	0	362	**3722**
QG BV.5	2026	10	0	0	0	0	0	117	**127**
QG M.1	2025	20	0	0	0	0	0	346	**366**
QG M.6	2032/33	14	10	0	15	30	1	613	**683**
QG N.3	2026	39	33	0	5	0	0	185	**262**
QG N.4	2027	65	0	0	4	0	0	422	**491**
QG S.2	2024	60	22	48	0	0	0	312	**442**
QG S.6	2029	173	0	125	0	0	0	197	**495**

QG W.13	2032/33	114	9	67	4	30	2	221	**447**
Gesamt		**505**	**74**	**240**	**28**	**60**	**3**	**2775**	**3685**

Abschätzung eCarsharingeinheiten im Quartier

Ein entscheidender Energieverbraucher sind neben den privaten und gewerblichen Pkw-Flotten die E-Carsharing-Fahrzeuge im Quartier. Um einen wirtschaftlichen Betrieb der Fahrzeuge zu gewährleisten gilt es, eine möglichst hohe Auslastung und somit geringe Standzeiten zu generieren. Vor diesem Hintergrund ist insbesondere für die Carsharing-Fahrzeuge eine leistungsstarke Ladeinfrastruktur (24 kW DC) vorzuhalten (vgl. 1.5 Dimensionierung der Ladeinfrastruktur).

Die Abschätzung der Carsharing-Fahrzeuge im Quartier ist somit eine bedeutende Eingangsgröße für die energetische Auslegung der Quartiersgaragen. Der Entwicklungsträger Potsdam plant auf Grundlage der Verkehrsuntersuchung von SHP derzeit mit einer Flottengröße von 225 Carsharing-Fahrzeugen für das Quartier. Vor dem Hintergrund, dass in ganz Potsdam derzeit nur 6 Carsharing-Stationen etabliert sind, ist diese Anzahl an Carsharing-Fahrzeugen sehr großzügig ausgelegt. Darüber hinaus ist es im Verlauf der weiteren Planungen sehr unwahrscheinlich einen Carsharing-Dienstleister zu akquirieren, welcher eine solch hohe Anzahl an Carsharing-Fahrzeugen zukünftig wirtschaftlich betreiben kann.

Um die geplanten 225 Carsharing-Fahrzeuge zu hinterfragen, wurde in einem ersten Schritt das Stellplatzdefizit betrachtet. Unter der Annahme, dass der Motorisierungsgrad im Quartier Krampnitz dem von ganz Potsdam entspricht, werden 3.864 Stellplätze für die Bewohnenden benötigt. Ausgehend von dem vorgegebenen Stellplatzschlüssel von 0,5 Pkw pro Wohneinheit, werden allerdings nur 2.450 Stellplätze zur Verfügung stehen. Die Differenz muss über zusätzliche Mobilitätsangebote wie Carsharing gedeckt werden. Ausgehend von einem Substitutionspotenzial von 1:5 Fahrzeugen – 1 Carsharing-Fahrzeug ersetzt 5 private Pkw – benötigt man somit eine maximale Anzahl von 283 Fahrzeugen (Gleichverteilung 32 Fahrzeuge je Quartiersgarage). Dieses Vorgehen berücksichtigt jedoch keine weiteren Mobilitätsangebote.

Um im weiteren Verlauf die Anzahl der Carsharing-Fahrzeuge zu spezifizieren wurde im Leistungspaket 4 eine Bedarfsanalyse durchgeführt, welche auch die weiteren Mobilitätsangebote berücksichtigt. Hierbei wurde mit Hilfe von Tagesganglinien und annahmebasierten Buchungsdauern, drei Flottenszenarien ausgelegt. Das innovative Szenario weist eine Fahrzeuganzahl von 128 Carsharing Fahrzeugen aus (siehe Kapitel 4.1).

In Anbetracht der Tatsache, dass im Quartier Krampnitz ein hohes Maß an weiteren Mobilitätoptionen sowie ein leistungsstarker ÖPNV-Anschluss verortet werden, ist die angesetzte Carsharing-Fahrzeuganzahl von 225 Fahrzeugen aus unserer Sicht zu hoch angesetzt. Unter Berücksichtigung, dass zukünftig vor allem Nutzungsgruppen in das Quartier ziehen, die wie in Kapitel 1.3 beschrieben, gern auf ein eigenes Auto verzichten würden und gleichzeitig offen gegenüber neuen Mobilitätsangeboten sind sowie zum Vorhalten eines Puffers, wird im weiteren Verlauf der Bearbeitung von 15 Carsharing-Fahrzeugen pro Quartiersgarage (135 Carsharing-Fahrzeuge insgesamt) ausgegangen. Dies entspricht 60% der von SHP angesetzten 225 Carsharing-Fahrzeugen.

Es ist davon auszugehen, dass die Affinität zur Nutzung von Sharing-Fahrzeugen in den nächsten wächst. Daher empfiehlt es sich, die Carsharing-Flotte sukzessive und wirtschaftlich zu entwickeln. Gleichzeitig gilt es jedoch ein wahrnehmbares Angebot zu generieren. Vor diesem Hintergrund wird im Folgenden für das Jahr 2024 eine Carsharing-Anzahl von 6 Fahrzeugen je Quartiersgarage (Gleichverteilung) angenommen. Die potenziellen Ausbaustufen werden in Tabelle 5 aufgezeigt.

Tabelle 5: Hochlauf der Carsharing-Fahrzeuge je Quartiersgarage

2024	2029	2040
6 Carsharing-Fahrzeuge	10 Carsharing-Fahrzeuge	15 Carsharing-Fahrzeuge

Auf Grundlage der aufgezeigten Zuordnung sowie den prognostizierten Carsharing-Einheiten ergibt sich die folgende Stellplatzverteilung je Quartiersgarage.

Tabelle 6: Verteilung der Stellplatzbedarfe auf die Quartiersgaragen – Carsharing-Szenario 2040

Garage	Fertig-stellung	Pkw Gewerbe	Pkw Sonder-nutzung	Pkw Nah-versorger	Pkw Kita	Pkw Schule	Pkw Freizeit	Pkw Bewoh-nende*	Pkw Car-sharing	Summe Pkw
QG BV.1	2025	10	0	0	0	0	0	362	15	**387**
QG BV.5	2026	10	0	0	0	0	0	117	15	**142**
QG M.1	2025	20	0	0	0	0	0	346	15	**381**
QG M.6	2032/33	14	10	0	15	30	1	313	15	**698**
QG N.3	2026	39	33	0	5	0	0	185	15	**277**
QG N.4	2027	65	0	0	4	0	0	422	15	**506**
QG S.2	2024	60	22	48	0	0	0	312	15	**457**
QG S.6	2029	173	0	125	0	0	0	197	15	**510**
QG W.13	2032/33	114	9	67	4	30	2	221	15	**462**
Gesamt		**505**	**74**	**240**	**28**	**60**	**3**	**2775**	**135**	**3820**

* Bewohnende inkl. Besuchende

Der Hochlauf der Carsharing-Einheiten und die Stellplatzverteilung sind Grundlage für die weiteren Berechnungen. Hierbei werden vor allem die Stellplätze für Bewohnende und Gewerbetreibende berücksichtigt, da diese die größten Ladebedarfe darstellen.

Fahrleistungen im Quartier Krampnitz

Zur Abschätzung der Energiebedarfe wird neben den Fahrzeuganzahlen im Quartier die durchschnittlichen Fahrleistungen je E-Pkw benötigt. Um die durchschnittlich zurückgelegten Strecken der Bewohnenden und Gewerbetreibenden zu prognostizieren, werden die aufgeführten Strukturdaten herangezogen. Die Fahrleistung für die Bewohnenden beträgt 17,62 km pro Tag und die Fahrleistung der Gewerbetreibenden 35,15 km pro Tag. Carsharing-Fahrzeuge hingegen legen eine Strecke von durchschnittlich 55,5 km pro Tag zurück.

Auf der Grundlage der aufgezeigten Daten kann im Folgenden die Ladeinfrastruktur dimensioniert werden.

1.5 Dimensionierung der Ladeinfrastruktur

Die zuvor ermittelten Nutzungsgruppen mit den dazugehörigen Mobilitätsbedarfen bilden die Grundlage zur Dimensionierung der Ladeinfrastruktur im Quartier Krampnitz. Ziel der Dimensionierung ist die Ermittlung der zukünftig notwendigen Anzahl der Ladepunkte, die Definition der Leistungseigenschaften der jeweilig bereitzustellenden Ladetechnik sowie die Kalkulation der benötigten Anschlussleistung zur Versorgung der Ladeinfrastruktur mit Energie. Dabei soll die Ladetechnik in ausreichender Anzahl vorhanden sein und eine hohe Versorgungssicherheit gewährleisten. Sowohl der Ausbau der Infrastruktur als auch die Ladetechnik ist mit zusätzlichen Kosten verbunden, wodurch eine fehlgeplante Dimensionierung und Auslegung zu unnötigen Investitionskosten führt. Zudem kann durch eine Überdimensionierung der zur Verfügung gestellten Leistung der Leistungspreis unnötig in die Höhe getrieben werden. Gleichzeitig besteht die Gefahr, dass bei einem unzureichenden Ausbau, die Ladebedarfe nicht gedeckt werden können, was zu erneuten Kosten führt, welche die anfänglichen Investitionskosten nochmals übersteigen können. Nachfolgend werden die einzelnen Aspekte beschrieben, welche bei der Dimensionierung berücksichtigt worden sind und das Ergebnis dargestellt. Dabei wurde jede Quartiersgarage einzeln betrachtet. Eine detailliertere Darstellung der Ladebedarfe in Form von zeitlich aufgelösten Lastgängen und wie diese Bedarfe aus Erneuerbaren Energien gedeckt werden können, folgt in Kapitel 2.

Bestimmung der Elektrifizierungsquote der Stellplätze

Die Elektrifizierungsquote aller Nutzungsgruppen, bis auf das Carsharing, von 55 % in der Endausbaustufe, wurde auf Grundlage des prognostizierten Hochlaufs der Elektromobilität berechnet und auf die ermittelte Stellplatzverteilung angewendet. Sollte sich anderen alternative Antriebstechnologien zukünftig nicht durchsetze, wodurch die ermittelte Elektrifizierungsquote überschritten wird, besteht dennoch die Möglichkeit die Ladeinfrastruktur zu erweitern, da die Entwicklung immer effizienterer Batterien sich positiv auf den Leistungsbedarf auswirkt. Die Elektrifizierungsquote der Sharing-Angebote wurde auf 100 % festgelegt, da im Quartier Krampnitz eine energetisch nachhaltige Mobilität angestrebt wird. Für die erste Ausbaustufe wurde eine Elektrifizierungsquote von 4 % auf Grundlage der aktuellen Hochlaufzahlen festgelegt.

Bestimmung der maximalen Ladeleistung der Ladetechnik nach Nutzergruppe

Wie bereits beschrieben, ist aufgrund ökonomischer Gesichtspunkte eine Überdimensionierung der elektrischen Infrastruktur zu vermeiden. Eine Reduzierung der Gesamtleistung bedeutet jedoch nicht die Reduzierung der maximal möglichen Ladeleistung der Ladetechnik, da durch die Integration des dynamischen Lastmanagementsystems die bereitgestellte Leistung vom aktuellen Lastzustand abhängt.

Auf Grundlage der prognostizierten Mobilitätsbedarfe und des Mobilitätsverhaltens wurden die Anforderungen an die Ladetechnik hinsichtlich der maximalen Ladeleistung definiert. Aufgrund der langen Parkzeiten wurde für die Bewohnenden und dem Gewerbe eine maximale Ladeleistung von 11 kW (AC) definiert. Für die Nutzungsgruppen (Nahversorger, Kita, Schule, Freizeit), welche tagsüber in das Quartier kommen und Ladebedarfe haben, besteht kein Anspruch, diese in kurzer Zeit zu decken. Der Anspruch liegt hier in der Reichweitenverlängerung. Daher werden diesen Nutzungsgruppen ebenfalls Ladetechnik mit 11 kW Ladeleistung (AC) zugeteilt. Für alle Carsharing-Angebote werden Ladepunkte mit einer maximalen Leistung von 24 kW (DC) angenommen, da für die Carsharing-Fahrzeuge mit kürzeren Parkzeiten gerechnet werden muss.

Ermittlung der elektrischen Anschlussleistung zur Versorgung der Ladeinfrastruktur

Die elektrische Anschlussleistung wurde basierend auf den Energie- und Leistungsbedarfen der Nutzungsgruppen Bewohnende, Gewerbe und Carsharing berechnet. Grund dafür ist das asynchrone Ladeverhalten dieser Nutzungsgruppen. Es wird angenommen das Bewohnende sowie Gewerbefahrzeuge größtenteils von abends bis morgens laden. Alle anderen Nutzungsgruppen laden tagsüber. Somit wird die zu Verfügung stehende elektrische Leistung in Abhängigkeit der Tageszeit hauptsächlich von bestimmten Nutzungsgruppen in Anspruch genommen. Die zu ladenden Carsharing-Fahrzeuge wurden gesondert berücksichtigt.

Die notwendige Anschlussleistung für die Bewohnenden wurde auf Grundlage der ermittelten Wegezahlen, den dazugehörigen Wegestrecken sowie des daraus resultierenden Energieverbrauchs ermittelt. Das Ergebnis ist die Anschlussleistung die notwendig ist, um alle Energiebedarfe innerhalb einer Standzeit von neun Stunden zu decken. So kann es sein das bei einer hohen Auslastung die Fahrzeuge zu Beginn mit einer geringeren Ladeleistung Laden und diese sich mit der Zeit erhöht. Da für die Carsharing-Fahrzeuge eine hohe Verfügbarkeit sichergestellt werden soll, wurde die Anschlussleistung entsprechend der maximal möglichen Ladeleistung der Ladetechnik dimensioniert. Die tatsächlich notwendige Anschlussleistung wird durch den sogenannten Gleichzeitigkeitsfaktor (GF) ausgedrückt. Dieser drückt die Annahme aus, dass nur ein bestimmter Anteil der Ladepunkte gleichzeitig genutzt wird. Er ist der Quotient aus der tatsächlich notwendigen Ladeleistung und der maximal möglichen Ladeleistung der Ladetechnik. Zur Realisierung setzt diese Anforderung den Einsatz eines Lastmanagementsystems voraus, welches die verfügbare Ladeleistung bedarfsgerecht innerhalb des Ladeclusters verteilt. Zudem kann es eingesetzt werden, um das Laden einzelner Nutzergruppen zu priorisieren (z.B. Carsharing-Fahrzeuge mit höherer Leistung laden als private Pkw).

Ergebnisse

Wie der Tabelle 7 zu entnehmen ist werden im Quartier Krampnitz in der Endausbaustufe bei einer Elektrifizierungsquote von 55 % insgesamt 2.179 Stellplätze elektrifiziert sein. Die Ladetechnik mit einer Ladeleistung von 24 kW (DC) für die zukünftig notwendigen 15 Carsharing-Fahrzeugen je Quartiersgarage machen den geringsten Anteil aus. Den größten Anteil macht die Nutzungsgruppe der Bewohnenden aus. Der Ladebedarf der betrachteten Nutzungsgruppen beträgt im Durchschnitt pro Tag

7.546 kWh. Die nur schwer prognostizierbaren Ladebedarfe der Nutzungsgruppen, welche Tagsüber in das Quartier kommen wurden hier nicht berücksichtigt. Die ermittelte elektrische Anschlussleistung ist aufgrund des asynchronen Ladeverhaltens ausreichend dimensioniert. Die ermittelten Gleichzeitigkeitsfaktoren (GF) liegen in dem Bereich von 0,13 bis 0,37. Mit steigender Anzahl an elektrifizierten Stellplätzen sinkt dieser, da die Wahrscheinlichkeit, dass alle Fahrzeuge gleichzeitig mit der maximal möglichen Ladeleistung Laden sich verringert. Die ermittelten elektrischen Leistungen des Netzanschlusses reichen von 392 bis 529 kW.

Tabelle 7: Übersicht der Dimensionierung der Ladeinfrastruktur in der Endausbaustufe

2040									
	Fertig-stellung	Stell-plätze	Elektri-fizierungs-rate	Anzahl EV	Energie-bedarf gesamt [kWh/EV/d]	Anzahl LP (11kW AC)	Anzahl LP (24 kW DC)	GF	Anschluss-leistung [kW]
QG BV.1	2025	387	55%	221	777	206	15	0,18	460
QG BV.5	2026	142	55%	86	373	71	15	0,37	392
QG M.1	2025	381	55%	217	780	202	15	0,19	455
QG M.6	2032/33	698	55%	394	1202	379	15	0,13	529
QG N.3	2026	277	55%	161	579	146	15	0,28	411
QG N.4	2027	506	55%	287	1055	272	15	0,16	476
QG S.2	2024	457	55%	260	854	245	15	0,20	446
QG S.6	2029	510	55%	289	1042	274	15	0,27	414
QG W.13	2032/33	462	55%	264	884	249	15	0,25	421

Tabelle 8 zeigt das Ergebnis der Dimensionierung der ersten Ausbaustufe mit einer Elektrifizierungsquote von 4 Prozent. Zu diesem Zeitpunkt wird ein Bedarf von 25 Ladepunkten in der erbauten Quartiersgarage S.2 angenommen. Durch die geringere Inanspruchnahme der Carsharingfahrzeuge, werden hier vorerst 6 Ladepunkte für diese Nutzungsgruppe benötigt. Der Gleichzeitigkeitsfaktor beträgt 0,52 und daraus resultiert eine Netzanschlussleistungen von 150 kW.

Tabelle 8: Übersicht der Dimensionierung der Ladeinfrastruktur in der Ausbaustufe 1

2024									
	Fertig-stellung	Stell-plätze	Elektri-fizierungs-rate	Anzahl EV	Energie-bedarf gesamt [kWh/EV/d]	Anzahl LP (11kW AC)	Anzahl LP (24 kW DC)	GF	Anschluss-leistung [kW]
QG BV.1	2025	378	4%	22	108	16	6	0,49	151
QG BV.5	2026	133	4%	12	78	6	6	0,74	146
QG M.1	2025	372	4%	21	105	15	6	0,51	151
QG M.6	2032/33	689	4%	37	138	31	6	0,37	156
QG N.3	2026	268	4%	19	93	13	6	0,64	148
QG N.4	2027	497	4%	27	126	21	6	0,46	152
QG S.2	2024	448	4%	25	114	19	6	0,52	150
QG S.6	2029	501	4%	26	123	20	6	0,64	148
QG W.13	2032/33	453	4%	28	114	22	6	0,61	148

Als weiterer Betrachtungszeitraum wurde der Bedarf an Ladeinfrastruktur für das Jahr 2029 ermittelt. Dabei ist zu beachten das dieser Zeitraum für die Umsetzung keine Rolle spielt, da aufbauend auf der Vorrüstung der Ladeinfrastruktur entsprechend der Endausbaustufe die Erweiterung Nachfrageorientiert erfolgen sollte. Das bedeutet, dass entsprechend des tatsächlich eintreffenden Hochlaufs der Elektromobilität die Stellplätze sukzessiv elektrifiziert werden. Zeitgleich werden die Netzanschlusskapazitäten ebenfalls erhöht. Somit werden anfängliche Investitionskosten eingespart sowie die Betriebskosten für die Leistungsbereitstellung minimiert. Die Auslastung sowie der Leistungsbedarf der Ladeinfrastruktur wird dazu durch den Charge Point Operator (CPO) überwacht. Die Rolle des CPO wird im Kapitel 3 erläutert. Tabelle 9 zeigt das Ergebnis der Dimensionierung der Ladeinfrastruktur im Jahr 2029.

Tabelle 9: Übersicht der Dimensionierung der Ladeinfrastruktur im Jahr 2029

2029									
	Fertig-stellung	Stell-plätze	Elektri-fizierungs-rate	Anzahl EV	Energie-bedarf gesamt [kWh/EV/d]	Anzahl LP (11kW AC)	Anzahl LP (24 kW DC)	GF	Anschluss-leistung [kW]
QG BV.1	2025	382	21%	90	344	80	10	0,26	279
QG BV.5	2026	137	21%	38	188	28	10	0,49	252
QG M.1	2025	376	21%	88	343	78	10	0,27	276
QG M.6	2032/33	693	21%	157	499	147	10	0,18	304
QG N.3	2026	272	21%	67	265	57	10	0,39	259
QG N.4	2027	501	21%	114	445	104	10	0,23	284
QG S.2	2024	452	21%	105	370	95	10	0,28	273
QG S.6	2029	505	21%	116	442	106	10	0,37	261
QG W.13	2032/33	457	21%	107	379	97	10	0,35	263

Zusammenfassung und Empfehlung

Die Elektromobilität wird zukünftig eine bedeutende Rolle im Verkehrswesen spielen und im Quartier Krampnitz einen großen Beitrag zur Reduzierung der Lärm- und Luftverschmutzung leisten. Daher sollte die Schaffung von einer nachfrageorientiert dimensionierten Ladeinfrastruktur frühzeitig mitgedacht werden. Dazu wurden die Anzahl zukünftig notwendiger Ladepunkte sowie die zur Versorgung notwendigen Netzanschlussleistungen unter Berücksichtigung des Einsatzes eines Lastmanagementsystems ermittelt. Es werden zukünftig bis zu 394 Elektrofahrzeuge in den Quartiersgaragen gleichzeitig laden und dafür Netzanschlussleistungen von bis zu 529 kW bereitgestellt. Durch die Vorrüstung aller Stellplätze mit Leerrohren sowie die Berücksichtigung ausreichender Räume für die Haupt- und Unterverteilung der elektrischen Infrastruktur in den Quartiersgaragen können zukünftige Kosten minimiert werden. Genauso sollte der zukünftige Leistungsbedarf bereits von Beginn an bei der Schaffung des Netzanschlusses berücksichtigt werden. Es wird empfohlen die Entwicklung der Elektromobilität weiter zu verfolgen und die Ergebnisse dieser Dimensionierung zum Planungszeitpunkt zu validieren.

2 Versorgungskonzept für die Ladeinfrastruktur für Krampnitz

2.1 Ableitung der mobilitätsbedingten Stromlasten

Aus den Prognosen zu den benötigten Ladepunkten für die einzelnen Quartiersgaragen und den jeweiligen Anschlussleistungen von 24 kW für Carsharing-Fahrzeuge und 11 kW für alle anderen Fahrzeuge sowie den prognostizierten Energiebedarfen pro Fahrzeug können Lastkurven erstellt werden. Die Lastkurven der Fahrzeuge der Bewohnenden sowie der Carsharing-Fahrzeuge werden mit Hilfe der Daten von 50 durchschnittlichen Lastprofilen erstellt [19]. Bei den Lastkurven für Gewerbe werden vor allem die prognostizierten Ganglinien als Grundlage genutzt [20]. Weiterhin gelten folgende Randbedingungen:

- Energiebedarf an Sonn-/Feiertagen: Gewerbe -100%; Aufteilung auf Bewohnende und Carsharing
- Energiebedarf an Samstagen: Gewerbe -50%; Aufteilung auf Bewohnende und Carsharing
- Tage im Jahr mit Worst-Case Szenario: Peak-Shaving bei Anschlussleistung und Lastumverteilung

Da die Daten für alle Quartiersgaragen, alle Ausbaustadien und alle Carsharing-Szenarien in 15-Minuten-Werten erstellt werden und damit sehr umfangreich sind, können die Daten einer beigefügten Excel-Datei entnommen werden und im Folgenden werden nur beispielhafte Lastgänge visualisiert.

Bei den extrapolierten Lastkurven ist zu beachten, dass es sich um Prognosen handelt, die einer hohen Sensitivität von Nutzendenverhalten und tatsächlicher Elektrifizierungsrate unterliegen. Um die Verschiebung der Lasten hinsichtlich der Ausbaustadien und Carsharing-Szenarien zu zeigen, werden stellvertretend für andere Quartiersgaragen die Wochenlastgänge für die Quartiersgarage W.13 (siehe Abbildung 12) miteinander verglichen. Es wird zudem davon ausgegangen, dass das Szenario mit einem Endausbau von 15 Carsharing-Fahrzeugen das wahrscheinlichste Szenario ist.

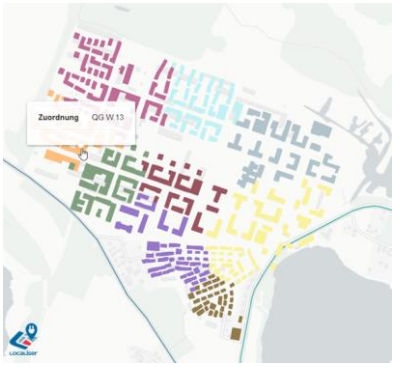


Abbildung 12: Screenshot aus der Localiser-Plattform - Verortung der Quartiersgarage W.13

Wochenlastgänge in verschiedenen Ausbaustadien mit einem Endausbau von 15 Carsharing-Fahrzeugen

In dem Jahr 2024 werden Elektrifizierungsraten von Gewerbe und Bewohnenden von 4 % angenommen. Zudem wird davon ausgegangen, dass es bei einem Vollausbau von 15 Carsharing-Fahrzeugen in 2040, in 2024 zunächst nur 6 Carsharing-Fahrzeuge geben wird. Die Lastprofile der Werktage zeigen starke Ausprägungen am Morgen und am Abend aufgrund von Ankunftszeiten am Arbeitsplatz und am Wohnort nach der Arbeit. Eine Kumulation der Lastgänge ergibt Lastspitzen von etwa 68 kW.

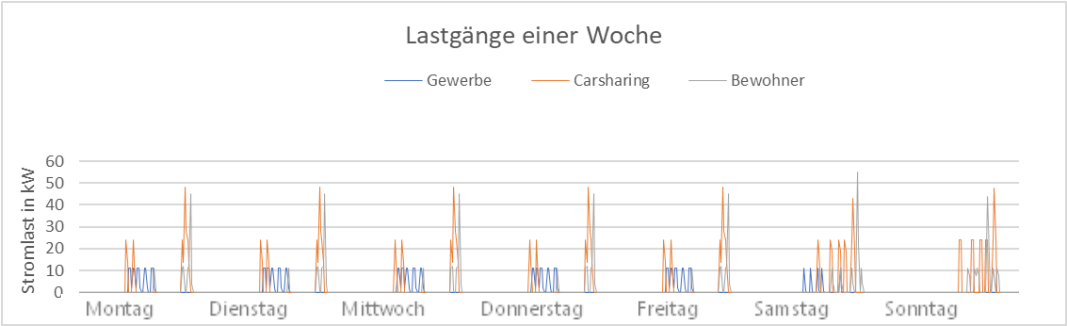


Abbildung 13: Wochenlastgänge nach Nutzergruppen 2024, 6 CS

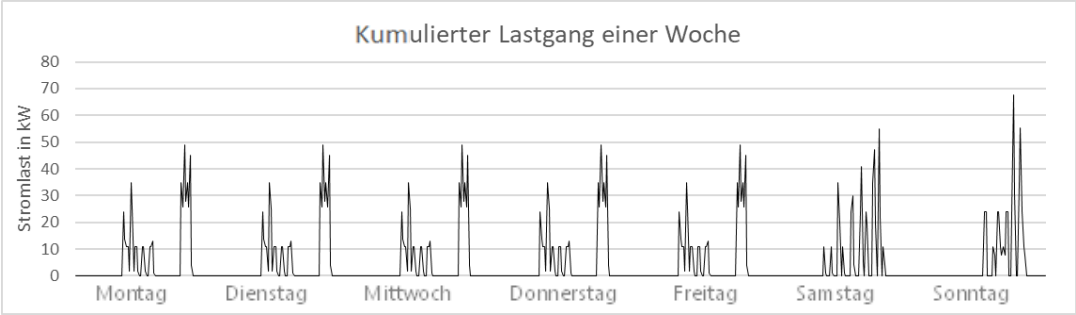


Abbildung 14: Kumulierter Wochenlastgang 2024, 6 CS

Im Jahr 2029 wird eine auf 21 % angestiegene Elektrifizierungsrate von Gewerbe und Bewohnenden angenommen, daher sinkt durch eine höhere Anzahl von Lastprofilen auch der Gleichzeitigkeitsfaktor. Weiterhin steigen die Carsharing-Fahrzeugzahlen auf 10 Fahrzeuge an. Eine Kumulation aller Lasten ergibt Lastspitzen von etwa 96 kW.

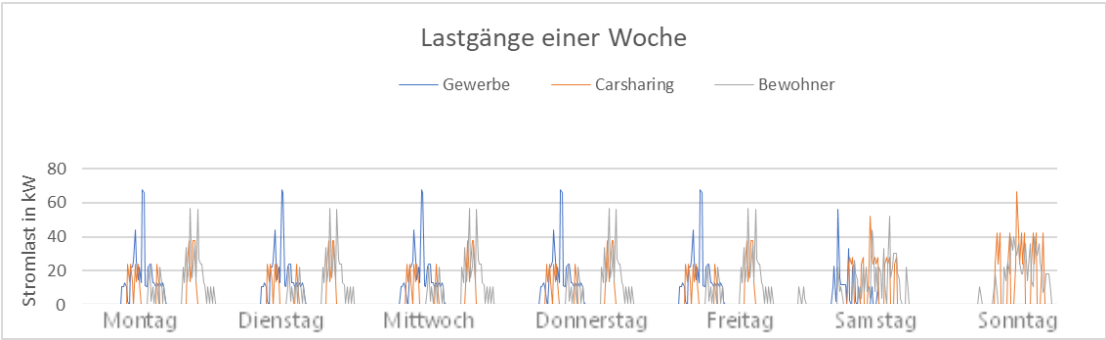


Abbildung 15: Wochenlastgänge nach Nutzergruppen 2029, 10 CS

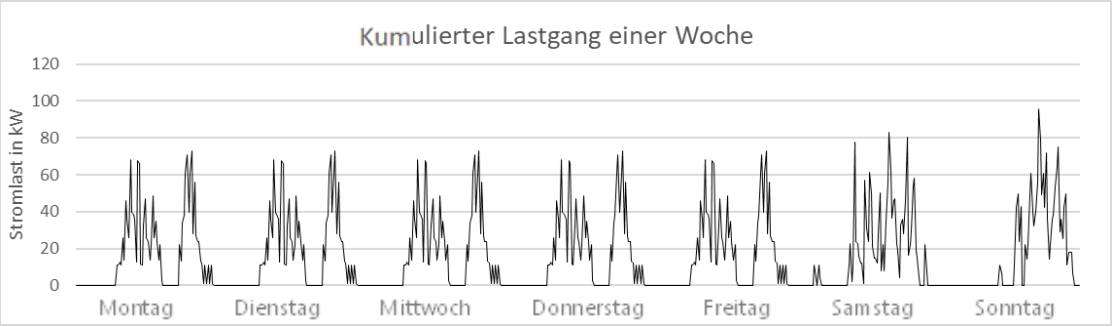


Abbildung 16: Kumulierter Wochenlastgang 2029, 10 CS

Im Jahr 2040 wird eine Elektrifizierungsrate von 55 % prognostiziert. Damit steigt die Anzahl der Lastprofile von Gewerbe und Bewohnenden. Die Carsharing-Fahrzeugzahlen steigen auf 15 Fahrzeuge. Die Kumulation ergibt Lastspitzen von etwa 176 kW.

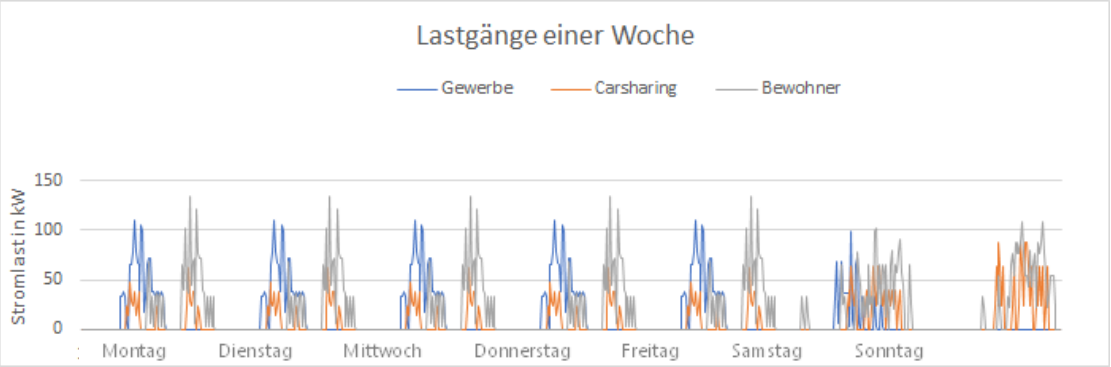


Abbildung 17: Wochenlastgänge nach Nutzergruppen 2040, 15 CS

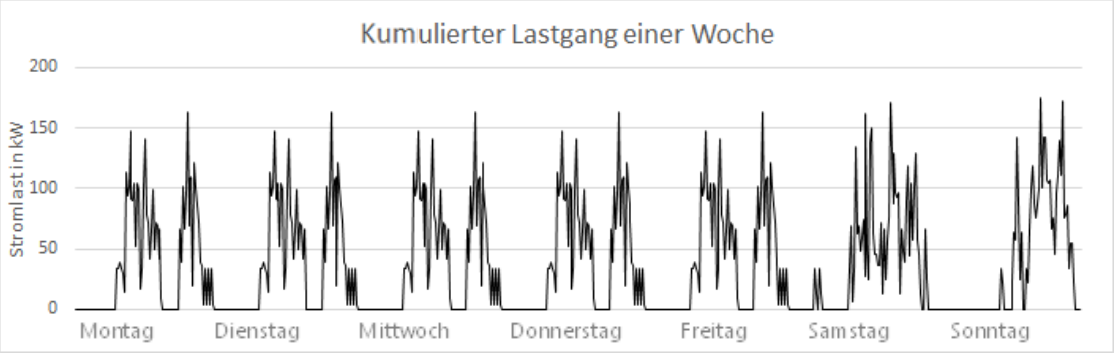


Abbildung 18: Kumulierter Wochenlastgang 2040, 15 CS

Vergleich von Carsharing-Szenarien für das Ausbaustadium 2040

Um die beiden anderen Carsharing-Ausbauszenarien mit dem 15-Carsharing-Szenario zu vergleichen, werden ebenfalls die Wochenlastgänge für 2040 mit 0 und 32 Carsharing-Fahrzeugen visualisiert. Verglichen mit dem Szenario von 15 Carsharing-Fahrzeugen ändern sich die Gesamtbedarfe und Lastspitzen deutlich, da das Carsharing Ladepunkte mit 24 kW statt 11 kW benötigt und die Carsharing-Fahrzeuge mehr Auslastung und damit höhere Energiebedarfe haben als die Fahrzeuge von Gewerbe und Bewohnenden.

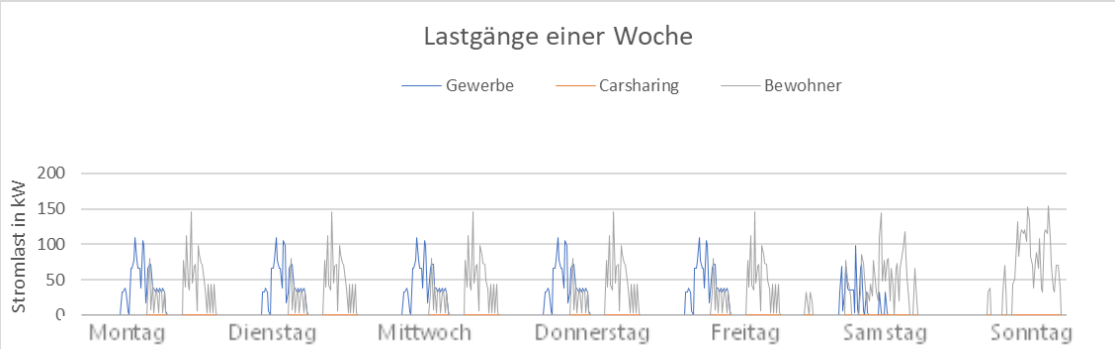


Abbildung 19: Wochenlastgänge nach Nutzergruppen 2040, 0 CS

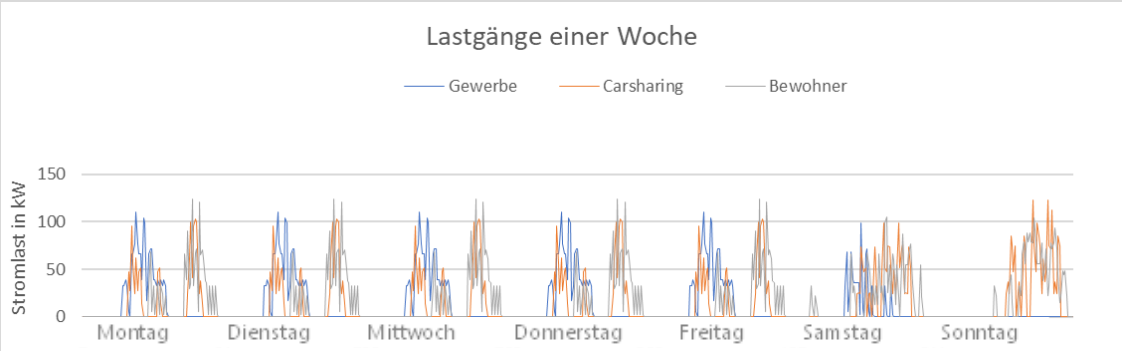


Abbildung 20: Wochenlastgänge nach Nutzergruppen 2040, 32 CS

Jahreslastgang für das Ausbaustadium 2029 mit 10 Carsharing-Fahrzeugen

Um eine Worst-Case-Analyse zu machen und ein Peakshaving mit Lastumverteilung vorzunehmen, wurde untersucht, welche Auswirkungen es hätte, wenn an vier Tagen im Jahr ganz extreme Gleichzeitigkeitsfaktoren zutreffen und die Ankunftszeiten aller Fahrzeuge auf eine Zeitspanne von 30 Minuten fallen und ihren Energiebedarf schnellstmöglich wieder aufladen lassen wollen. Hierbei wird weiterhin das wahrscheinlichste Szenario mit einem Endausbau von 15 Carsharing-Fahrzeugen in 2040 untersucht, jedoch wird die Ausbaustufe im Jahr 2029 mit einem Ausbau von 10 Carsharing-Fahrzeugen betrachtet.

Bei den extremen Peaks an vier Tagen im Jahr würden sich extreme Spitzen von 789 kW ergeben, jedoch wird durch das Peakshaving die maximale Leistung auf 263 kW begrenzt und die Lasten von den Fahrzeugen von Bewohnenden und Gewerbe konnten auf die 30 Minuten nach den ersten 30 Minuten verteilt werden, sodass innerhalb einer Stunde alle Fahrzeuge geladen sind. Es wird vorgesehen, dass die Carsharing-Fahrzeuge auch bei einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 1 keine Sperr- oder Wartezeiten haben.

Abbildung 21: Kumulierter Jahreslastgang 2029, 10 CS

GIS-basierte Darstellung im Localiser

Das wahrscheinlichste Szenario von einem Endausbau mit 15 Carsharing-Fahrzeugen in 2040 wird auf der Localiser-Plattform für jede Quartiersgarage und in allen drei Ausbaustufen als Lastkurvendiagramme dargestellt. Der Auftraggeber erhält Zugang zu der Plattform und kann alle Informationen zu den einzelnen Quartiersgaragen, wie Anzahl an Ladepunkten und Lastkurven, gebündelt aufrufen.

Abbildung 22: Screenschot aus der Localiser-Plattform - Darstellung der Lastkurve in Quartiersgarage W.13 (2040)

2.2 Ermittlung der EE-Potenziale im Jahresgang

Für die Ermittlung aller Erneuerbaren Energien Potenziale zur Stromerzeugung im Quartier Krampnitz wurden die Potenziale von Photovoltaik, Windkraft, Wasserkraft, Tiefengeothermie sowie die Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in Form von Blockheizkraftwerken und Brennstoffzellen betrachtet. Hier gäbe es die Möglichkeit statt Erdgas auch Biogas oder Wasserstoff als Energieträger einzusetzen.

Bei der Potenzialanalyse hat sich herausgestellt, dass mehrere Erneuerbare Energien in dem Quartier Krampnitz nicht erschlossen werden können oder mit vergleichsweise extrem hohen Kosten zur Erschließung verbunden wären. Die Ergebnisse lassen sich der folgenden Tabelle entnehmen.

Tabelle 10: Potentiale Erneuerbarer Energien im Quartier Krampnitz

Potenziale Erneuerbarer Energien in der Umgebung			
1	Photovoltaik	Dachflächen der Quartiersgaragen; eventuell Fassadenflächen der QG, Dachflächen von weiteren Gebäuden und Freiflächenanlagen zunächst ausgeschlossen	✓
2	Windkraft	Quartier liegt neben Naturschutzgebiet, Landschaftsschutzgebiet und Vogelschutzgebiet (Abbildung 23): Genehmigungsaussicht niedrig, Leistung in urbanen Räumen extrem gemindert aufgrund von turbulenten und schwachen Windverhältnissen durch Bebauung	✗
3	Wasserkraft	Gewässer mit ausreichendem Volumenstrom und Höhenunterschied in der Nähe des Quartiers nicht vorhanden	✗
4	Tiefengeothermie	Niedriger Wirkungsgrad von Organic Rankine Cycle (ORC), hohes Fündigkeitsrisiko, aufwendige Genehmigungsprozesse, Erschließung des Potenzials zur Wärmeerzeugung kann wirtschaftlich sein, die zusätzliche Stromerzeugung über ORC nicht	✗
5	Blockheizkraftwerk	Strom- und gleichzeitige Wärmeproduktion mit Erdgas, Biogas oder mit erneuerbaren Energien erzeugtem Wasserstoff	✓
6	Brennstoffzellen	Strom- und gleichzeitige Wärmeproduktion mit Erdgas, Biogas oder mit erneuerbaren Energien erzeugtem Wasserstoff	✓

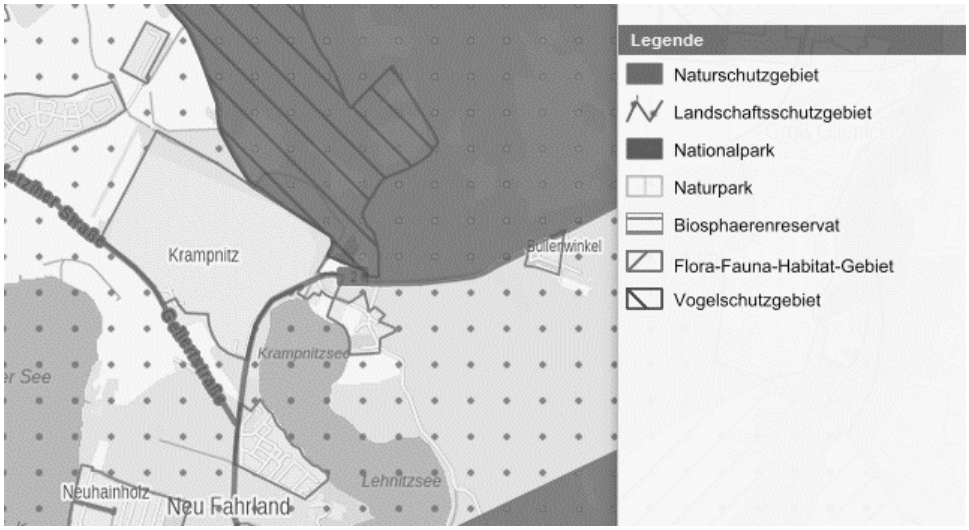


Abbildung 23: Karte von Krampnitz mit umliegenden Natur-, Landschafts- und Vogelschutzgebieten [21]

Photovoltaik

Um die maximalen Photovoltaik-Potenziale zu ermitteln muss zunächst entschieden werden, ob die zur Verfügung stehenden Flächen mit Modulen in Süd-Ausrichtung oder in Ost-West-Ausrichtung belegt werden sollen. Ein Vergleich der Ertragskurven in Abbildung 24 zeigt, dass der Ertrag bei Süd-Ausrichtung (graue Hüllkurve) zwar pro kWp installierter Leistung höher ist als bei Ost-West-Ausrichtung (hellblaue Hüllkurve als Summe der mittelblauen Erträge der Ost-Module und der dunkelblauen Erträge der West-Module), durch die notwendigen Abstandsflächen aufgrund der Verschattungsproblematik bei Süd-Ausrichtung die Ost-Westausrichtung jedoch durch den höheren Flächennutzungsgrad insgesamt mehr Erträge pro m² verfügbarer Dachfläche erreichen. Zudem sind die Erträge in den Morgen- und Abendstunden höher als bei einer Südausrichtung, was der Nachfragesituation auch besser entspricht.

Die Abbildung 24 zeigt zudem, dass die Ausrichtung der Ost-West-Aufstellung auch nicht genau nach Osten und Westen zeigen muss, da in Summe in etwa der Ertrag auch bei Drehung der Module konstant bleibt. Die Aufstellung der Module kann also flexibel an die zur Verfügung stehenden Flächen angepasst werden und so die maximalen Erträge erzielt werden.

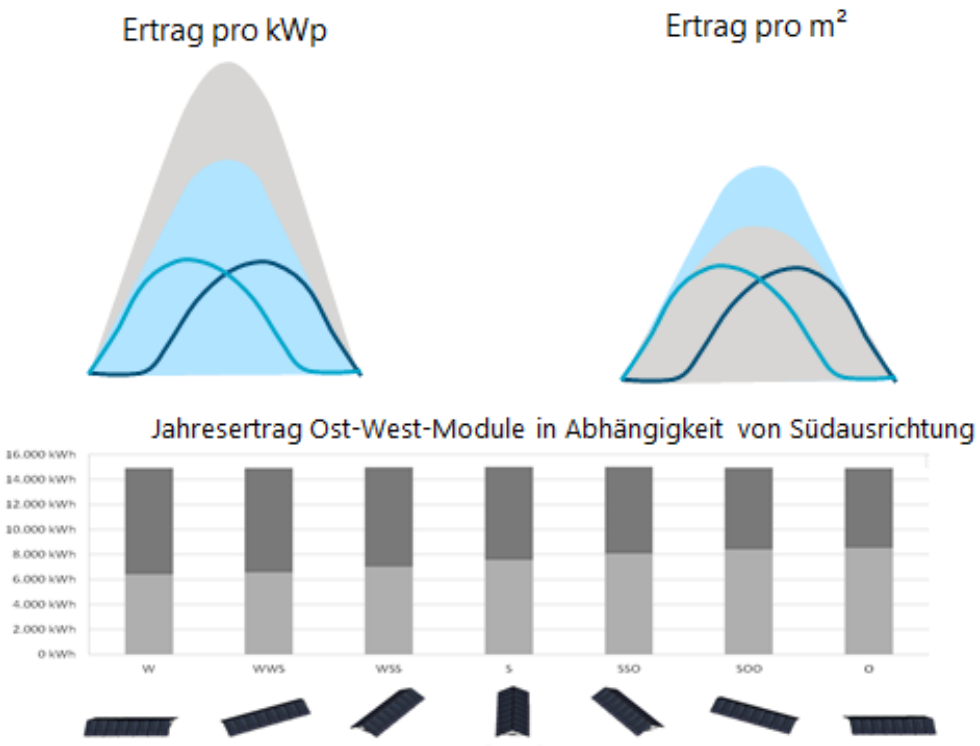


Abbildung 24: Vorteile von Ost-West-Ausrichtung von PV-Anlagen, eigene Darstellung

Bei den zur Verfügung stehenden Flächen werden vor allem die Dachflächen der Quartiersgaragen betrachtet. Weitere Dachflächen, Fassadenflächen oder Freiflächen werden nur betrachtet, falls die Wirtschaftlichkeitsanalyse ergibt, dass eine Vergrößerung der Flächen von Vorteil ist.

Die zur Verfügung stehenden Flächen werden mit folgenden Annahmen berechnet:

- 95 % der Grundfläche entspricht der Dachfläche (5% Abzug aufgrund von Attika)
- 60 % der Dachfläche können für PV genutzt werden (40 % Abzug durch weitere Nutzungen, Erfahrungswert)

Die nutzbaren Flächen werden mit Modulen mit 15° Neigung in Ost-West-Ausrichtung belegt, somit ergeben sich folgende maximale Leistungen:

Tabelle 11: Flächen für Photovoltaik

Quartiers-garagen	Grundfläche in m²	Dachfläche in m²	Nutzbare Dachfl. für PV in m²	Maximal installierbare Leistung in kWp
QG BV.1	1751	1663	998	197
QG BV.5	1677	1593	956	189
QG M.1	2108	2003	1202	238

QG M.6	2557	2429	1457	288
QG N.3	2675	2541	1525	302
QG N.4	2065	1962	1177	233
QG S.2	2097	1992	1195	236
QG S.6	3046	2894	1736	343
QG W.13	1650	1568	941	186
Summe	**19626**	**18645**	**11187**	**2212**

Bei der Betrachtung der Versorgungsvarianten gelten diese PV-Potenziale zunächst als maximaler Ausbau. Durch eine Verringerung der Modulflächen können die Photovoltaikerträge skaliert werden. Die folgende Abbildung zeigt die PV-Erträge der Quartiersgarage W.13 bei einem Vollausbau von 186 kWp in einem Jahr, die mithilfe der Klimadaten von Meteonorm 7.2 für Potsdam berechnet werden. Die bilanzierten PV-Erträge aller Quartiersgaragen können der beigefügten Excel-Liste entnommen werden.

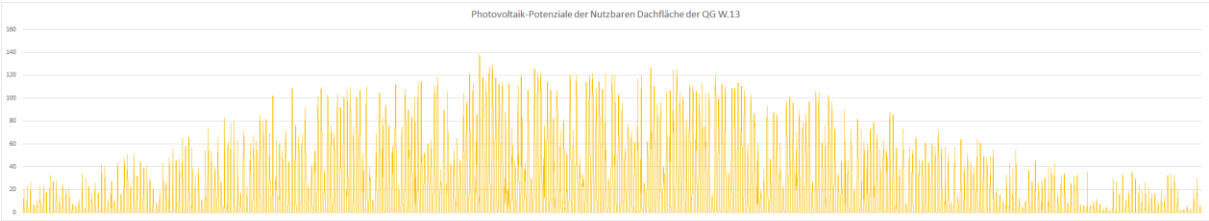


Abbildung 25: Darstellung der maximalen PV-Potenziale der QG W.13 als Grundlage für Variantenbilanzierungen

Auch hier muss beachtet werden, dass es sich bei den Ertragswerten um Prognosen handelt. Durch den Klimawandel gibt es immer häufiger extreme Klimajahre, sodass es auch zu sehr trockenen und sonnigen Jahren kommen kann, in denen die Erträge höher sind, sowie zu extrem bewölkten und regnerischen Jahren. Die folgende Abbildung visualisiert die unterschiedlichen Ertragsprognosen für mittlere und extreme Klimajahre. Diese Ertragsabweichungen können also vorkommen, es zeigt sich jedoch, dass extreme Klimajahre die PV-Erträge noch steigern würden, d.h. sogar vorteilhaft für die Energieversorgung sein können.

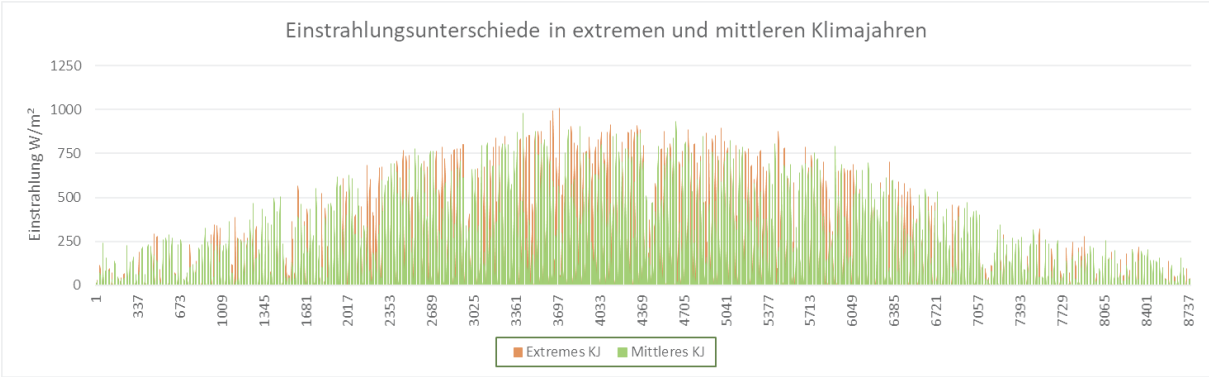


Abbildung 26: Unterschiede bei den PV-Ertragsprognosen für mittlere und extreme Klimajahre

Da die Dachflächen der Quartiersgaragen auch für Parkplätze sowie für Sportplätze genutzt werden sollen, wird bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse in Kapitel 3.1 geprüft, wie viel Kosten für Parkplatzüberdachungen anfallen auf denen PV-Anlagen installiert werden können.

Kraft-Wärme-Kopplung

Als weiteres Potenzial können KWK-Anlagen die Stromerzeugung ergänzen. Bei Blockheizkraftwerken wie auch bei Brennstoffzellen findet neben einer Strom- auch eine Wärmeerzeugung statt. Diese Wärme könnte den Wohngebäuden im Quartier zugutekommen und über eine Einspeisung ins geplante Niedertemperaturnetz eine Sektorenkopplung von Mobilität und Energieversorgung der Gebäude entstehen. Um möglichst viel Strom mit möglichst geringem Einsatz von Erdgas erzeugen zu können, eigenen sich Hochtemperatur-Brennstoffzellen am besten, da sie hohe elektrische Wirkungsgrade aufweisen. Hochtemperatur-Brennstoffzellen können jedoch nicht so einfach in ihrer Leistung moduliert werden, da die hohen Temperaturen möglichst konstant gehalten werden müssen, damit das Material keinen Schaden nimmt. HT-Brennstoffzellen werden normalerweise durchgängig betrieben und nicht moduliert, auch da die Anschaffungskosten relativ hoch sind. Sie können vor allem als Grundlasterzeuger sinnvoll eingesetzt werden. BHKWs können in der Regel moduliert werden, sollten allerdings nicht zu oft an- und ausgeschaltet werden, damit der Motor eine möglichst hohe Lebensdauer hat. Beim BHKW wird daher eine Fahrweise in Stundenblöcken bei Strombedarf vorgesehen.

2.3 Ermittlung von Versorgungsvarianten für die Elektromobilität

Auf Grundlage der Analyse der Erneuerbaren Energien Potenziale aus Leistungspaket 2.2 werden drei Varianten ausgewählt. Die Auflistung und Beschreibung der wichtigsten Vor- und Nachteile können der folgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 12: Beschreibungen der drei Versorgungsvarianten

Varianten			
1	Photovoltaik	mit und ohne Batterie	+ Wenig Aufwand, da nur Strom- und keine Wärmeerzeugung, keine Struktur für Wärmeabnahme oder Erdgasleitungen notwendig, - hohe Ungleichzeitigkeit bei Bedarf und Ertrag
2	Photovoltaik und BHKW	mit und ohne Batterie	+ BHKW modulierbar, Ergänzung zu PV-Strom, Wärme muss ans Quartier abgegeben werden - Erdgasleitungen und Struktur für Wärmeabnahme notwendig
3	Photovoltaik und Brennstoffzelle	mit und ohne Batterie	+ hohe Stromkennzahl, Wärme kann ans Quartier abgegeben werden

			- BSZ ist konstant in Betrieb, Erdgasleitungen und Struktur für Wärmeabnahme notwendig

Die drei Varianten werden in der Grafik visualisiert. Bei allen Varianten werden PV-Anlagen auf den Quartiersgaragen betrachtet. In einer Variante wird zusätzlich ein BHKW die Stromerzeugung unterstützen und die anfallende Abwärme soll ins Niedertemperaturnetz im Quartier ganzjährig eingespeist werden, um die Trinkwarmwasserversorgung der Wohngebäude zu unterstützen. Eine weitere Variante sieht statt dem BHKW eine Brennstoffzelle vor. Alle drei Varianten werden hinsichtlich einer Wirtschaftlichkeitsoptimierung mit Hilfe von Batteriespeichern und einem Speicher- und Lademanagement geprüft. Zum Vergleich werden alle Varianten mit und ohne Speicher in Leistungspaket 3.4 ökonomisch ausgewertet.

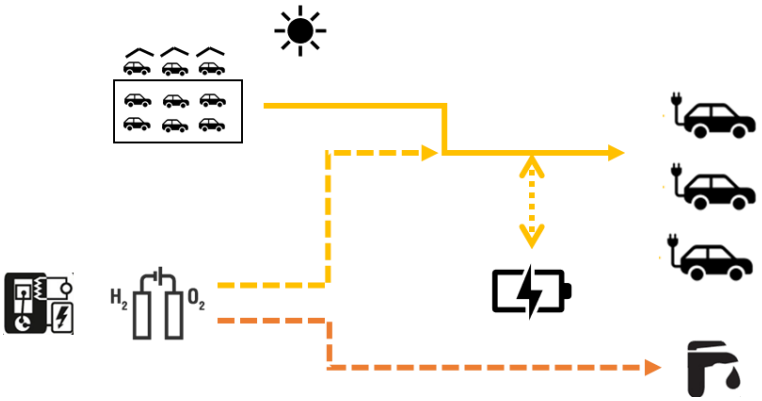


Abbildung 27: Grafische Darstellung der drei Versorgungsvarianten

Stromspeicher- und Lademanagement

Für die Versorgungsvarianten wird nicht nur die Stromerzeugung konzipiert, sondern auch eine Stromspeicherung, um eine höhere Eigenbedarfsdeckung zu bewirken. Da in den letzten Jahren viel Forschung in Elektromobilität und damit auch in Stromspeicher investiert wurde, werden die Speicher immer effizienter und die Technologien kostengünstiger. Da die Batteriearten unterschiedliche Eigenschaften, Kosten und Anforderungen haben, werden in der folgenden Tabelle mehrere Batteriearten hinsichtlich ihrer Energiedichte und den technischen Anforderungen an den Aufstellraum verglichen. Aufgrund der hohen Energiedichte, d.h. vergleichswiese wenig Platzbedarf, fallenden Preisen und keinen speziellen Anforderungen des Aufstellraums werden Lithium-Ionen-Batterien gewählt.

Tabelle 13: Vergleich von verschiedenen Batterietechnologien

Batterieart	Technische Anforderungen	Energie-dichte in Wh/Liter	Speicher-kosten in €/kWh
Lithium-Ionen	Bislang sind keine speziellen Anforderungen festgelegt.	200-350	300-800

Blei-Säure	Aufstellraum muss belüftet sein, Luftdurchsatz abhängig von Technologie (geschlossen oder verschlossen); Anforderungen in Normen geregelt, z.B. DIN EN 50272-2.	50-75	100-250
Natrium-Nickelchlorid	Keine Normen zu Aufstellbedingungen bekannt; potenzielle Brandgefahr durch hohe Temperaturen in Batterie.	80	350-800
Natrium-Schwefel	Keine Normen zu Aufstellbedingungen bekannt; potenzielle Brandgefahr durch hohe Temperaturen in Batterie.	150-250	400-600
Nickel-Cadmium	Aufstellraum muss belüftet sein; Anforderungen in Normen geregelt, z.B. DIN EN 50272-2.	NA	700-900
Vanadium-Redox-Flow	Bislang sind keine speziellen Anforderungen definiert	20-70	300-500

Das Lademanagement der Batterien sieht vor, dass bei Überschüssen aus Erneuerbaren Energien, die Batterien zunächst voll beladen werden. Weitere Überschüsse werden dann ins Netz eingespeist. Falls die EE-Erträge den Strombedarf der Elektromobilität nicht decken können, wird zunächst Strom aus den Batterien entnommen und dann ggfs. Strom aus dem Netz bezogen. Eine Beladung der Batterien mit Strom aus dem Netz macht momentan keinen Sinn, könnte jedoch bei einer Einführung von dynamischen Stromtarifen irgendwann sinnvoll werden. Das beschriebene Lademanagement soll zum einen den Eigendeckungsgrad der Quartiersgaragen mit erneuerbaren Energien erhöhen und zum anderen die Wirtschaftlichkeit verbessern.

Photovoltaik und Batterie

Zum Auslegen der Größe der Photovoltaikanlagen und der Batterie für die einzelnen Ausbauszenarien werden iterativ Optimierungen durchgeführt, sodass die Batterie zum einen oft vollständig genutzt wird und zum anderen häufig zum Einsatz kommt, um den Eigendeckungsgrad zu erhöhen. Ein Beispiel der Zusammenhänge der Lastgänge in 2029 wird in Abbildung 28 visualisiert.

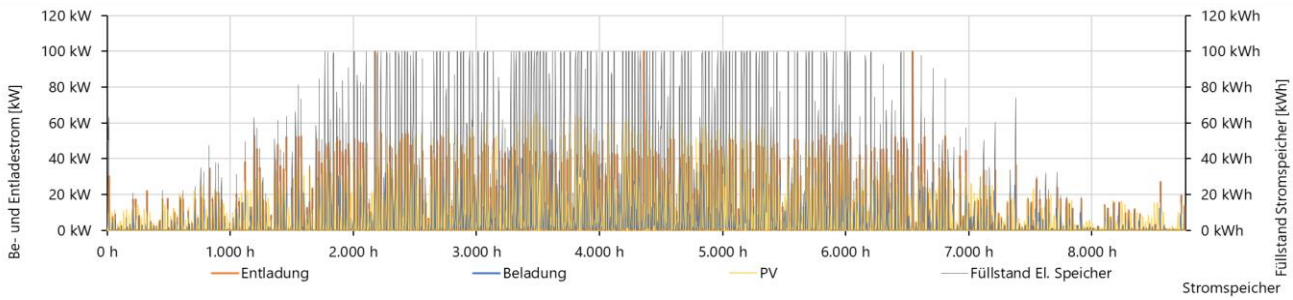


Abbildung 28: Batterieauf- und -entladung im Jahresgang für Variante 1 mit Batterie

Das Ziel ist möglichst wenig Energie einzuspeisen, da dies unwirtschaftlich ist und auf der anderen Seite möglichst wenig Strom aus dem Netz zu beziehen. In der Abbildung 29 ist das Verhältnis von Bezug und Einspeisung im Jahresgang für eine Variante mit PV und Batterie dargestellt.

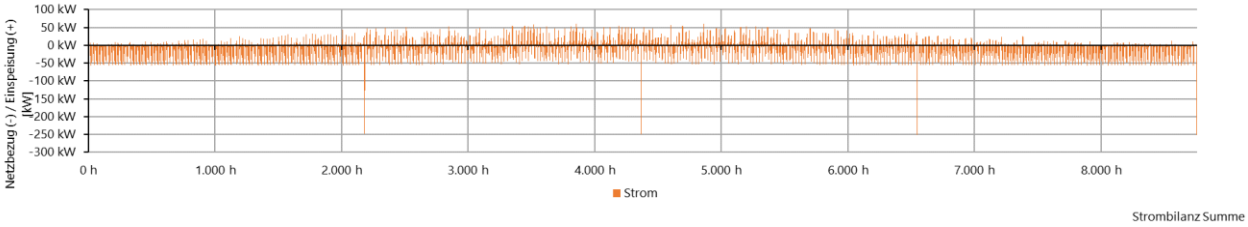


Abbildung 29: Netzbezug und -einspeisung im Jahresgang für Variante 1 mit Batterie

Diese Analysen wurden für insgesamt 36 Untervarianten je Ausbaustufe durchgeführt. Im Folgenden werden die Ergebnisse für das Jahr 2029 verglichen.

Vergleich der Varianten

Um die ökologisch und ökonomisch vorteilhafteste Variante zu identifizieren, werden pro Ausbaustufe 3 Varianten mit jeweils 12 Untervarianten berechnet. Sie variieren in der Größe der Photovoltaikanlagen (PV), dem Vorhandensein bzw. der Größe der Batterie (Bat), einem Zubau von Photovoltaikanlagen auf weiteren Dach- oder Freiflächen (FF) sowie der Nutzung einer Brennstoffzelle (BSZ) oder eines Blockheizkraftwerks (BHKW). In der Abbildung 30 wird das Verhältnis von PV-Anlagen Größe und Batteriegröße visualisiert. Pro Variante (PV, PV+ BSZ, PV+ BHKW) gibt es jeweils drei Untervarianten in denen auch Freiflächenanlagen in verschiedenen Größen betrachtet worden sind. Die Untervarianten der Varianten sind hinsichtlich der PV und Batteriegrößen gleich aufgebaut. Sie unterscheiden sich lediglich beim Einsatz von zusätzlicher KWK.

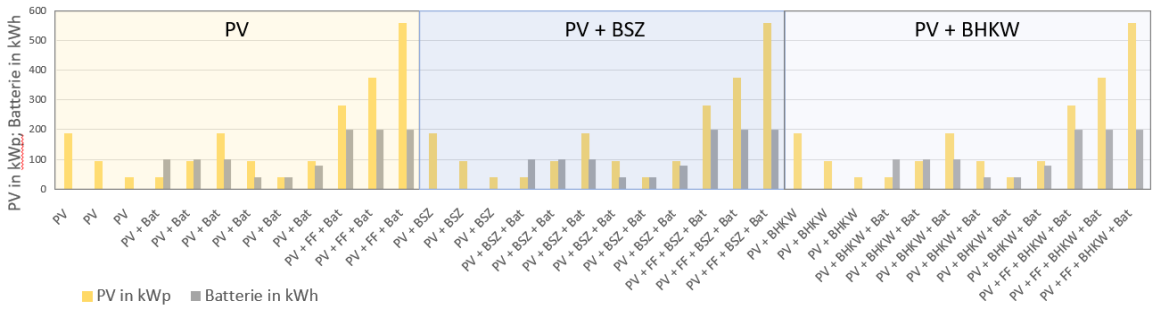


Abbildung 30: PV- und Batteriegrößen aller Varianten im Vergleich

Für diese 36 Untervarianten wurden dann die Netzeinspeisungen und Netzbezüge pro Jahr bilanziert und in der Abbildung 31 dargestellt. Bei einem Einsatz von einer BSZ verringern sich die Bezüge aus dem Stromnetz etwas und bei einem Einsatz von einem BHKW fallen die Netzbezüge noch einmal geringer aus. Bei den BHKW-Varianten wird jedoch auch etwas mehr Strom ins Netz eingespeist. In Kapitel 3.4 werden die Netzbezüge und Einspeisungen monetär bewertet.

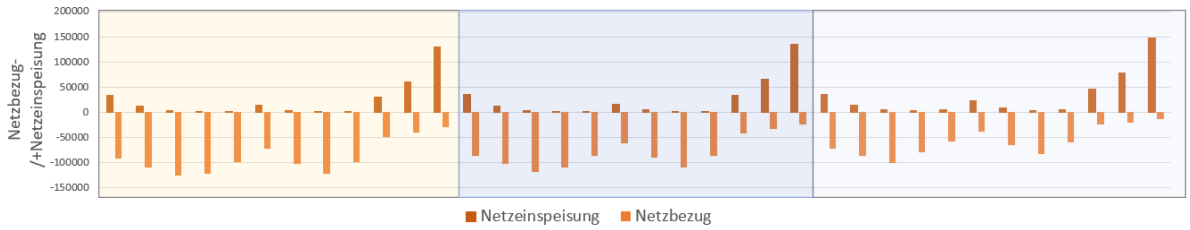


Abbildung 31: Netzbezug und -einspeisung aller Varianten im Vergleich

Weiterhin werden in Abbildung 32 die Anteile der Erneuerbaren Energien der Untervarianten dargestellt. Als Erneuerbare Energien Anteile können nur die Photovoltaikerträge angerechnet werden, die direkt genutzt werden oder in den Batterien zwischengespeichert und dann zu einem späteren Zeitpunkt für die Ladung der Elektromobilität genutzt werden. Bei der BSZ und dem BHKW wird zunächst von einem Erdgasbezug ausgegangen, sodass diese keinen Beitrag zur Erhöhung der EE-Anteile liefern. Falls sich die BHKW- oder BSZ-Varianten jedoch als ökonomisch sinnvoll herausstellen, wird hier auch eine teurere Biogas-Alternative betrachtet. Es zeigt sich, dass ohne einen Zubau von PV auf Freiflächen nie EE-Anteile von über 50 % erzielt werden können.

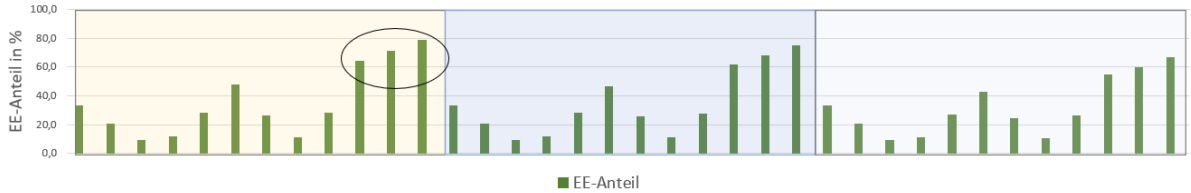


Abbildung 32: EE-Anteile aller Varianten im Vergleich

Bei einem Zubau von Photovoltaik auf Freiflächen wurden Varianten mit 1,5-facher, 2-facher und 3-facher Dachfläche der Quartiersgarage gewählt. Es zeigt sich, dass diese Varianten den Anteil an Erneuerbaren Energien erhöhen, dieser jedoch nicht proportional mit der Anlagengröße wächst. In Kapitel 3.4 werden die Wirtschaftlichkeit der Varianten dann mit den jeweiligen EE-Anteilen verglichen und bewertet. Hierbei wird nicht nur das Jahr 2029 betrachtet, sondern auch die Ausbaustadien 2024 sowie der Endausbau 2040. Die Energieversorgungsanlagen müssen mit der Ausbaustufe wachsen und werden aufeinander abgestimmt. Hierbei spielen auch Prognosen zu Preissteigerungen und -reduktionen eine Rolle.

3 Betreibermodelle und Kostenschätzung

3.1 Wirtschaftlichkeit der Versorgungsvarianten

Das Ziel dieses Arbeitspaketes ist es, die attraktivste Versorgungsvariante zu ermitteln, die anschließend als Inputparameter für die nachfolgenden Arbeitspakte, insbesondere für den Ladeinfrastruktur Business Case, verwendet wird. Hierfür werden die in Arbeitspaket *2.3 Ermittlung von Versorgungsvarianten für die Elektromobilität* untersuchten Versorgungsvarianten in Bezug auf ihre Wirtschaftlichkeit beleuchtet. Die aus dem vorherigen Kapitel identifizierten LIS Versorgungsvarianten werden in der untenstehenden Tabelle noch einmal zusammengefasst.

Tabelle 14: Übersicht der LIS Versorgungsvarianten, eigene Angaben Geo-En

LIS Versorgungsvarianten			
1	Photovoltaik	mit und ohne Batterie	Wenig Aufwand, da nur Strom- und keine Wärmeerzeugung, keine Struktur für Wärmeabnahme oder Erdgasleitungen, hohe Ungleichzeitigkeit bei Bedarf und Ertrag
2	Photovoltaik und BHKW	mit und ohne Batterie	BHKW modulierbar, Ergänzung zu PV-Strom, Wärme muss ans Quartier abgegeben werden
3	Photovoltaik und Brennstoffzelle	mit und ohne Batterie	BSZ ist konstant in Betrieb, hohe Stromkennzahl, Wärme kann ans Quartier abgegeben werden

Beschreibung des Vorgehens

Um eine Vergleichbarkeit unter der Varianten zu ermöglichen, werden alle Versorgungsvarianten unter dem Gesichtspunkt der Kennzahl *Stromgestehungskosten* gegenübergestellt. Diese zentrale Kennzahl wird ermittelt, indem die getätigten Investitionen und notwendige Betriebskosten innerhalb des Betrachtungszeitraumes den energetischen Erträgen gegenüberstellt werden. Somit werden Stromgestehungskosten in €/kWh ausgedrückt. Dieses Vorgehen ermöglicht auf eine einfache Art einen wirtschaftlichen Bezug über die Netzparität herzustellen, in dem eine Entscheidungsgrundlage geschaffen, ob die dezentrale Selbsterzeugung kostengünstiger als der externe Strombezug ist.

Ein notwendiger Schritt auf dem Weg zur Bestimmung der wirtschaftlichsten Versorgungsvariante ist die PV-Anlagendimensionierung, als auch die Dimensionierung des stationären Energiespeichers. Diese Dimensionierung erfolgte, indem die Batterieauslegung und Größe der Photovoltaikanlage in iterativen 10 % Schritten wirtschaftlich optimiert wurde. Eine durchdachte Anlagendimensionierung beeinflusst zum einen wesentlich die Wirtschaftlichkeit des Energiespeichers und zum andern schafft sie eine vorteilhafte Energieflexibilität im Quartier. Ferner ermöglicht die Zwischenspeicherung des dezentral erzeugten Grünstroms eine hohe Eigenverbrauchsquote im Quartier.

Ein weiterer Vorteil eines gut dimensionierten Energiespeichers liegt in der Tatsache begründet, dass in einigen Zeitintervallen eine zusätzliche Senkung der maximal entnommenen Leistung gewährleitstet wird. Die Absenkung der maximalen Leistungsabnahme ist erstrebenswert, da hierdurch der an den Netzbetreiber zu entrichtete Leistungspreis gesenkt werden kann, und dadurch wiederrum die Wirtschaftlichkeit der Energieanlage gesteigert werden kann.

In der untenstehenden Tabelle werden alle untersuchten Versorgungsvarianten und ihre Dimensionierungen aufgelistet.

Tabelle 15: Übersicht der untersuchten Versorgungsvarianten, eigene Angaben Geo-En

	Variante 1: PV								Variante 2: PV + BSZ							
	ohne Überdachung				mit Überdachung				ohne Überdachung				mit Überdachung			
PV kWp	186	93	186	93	186	93	93	186	186	93	93	186	186	93	93	186
Energiespeicher kWh	0	0	100	40	0	0	100	40	0	0	40	100	0	0	40	100
BSZ kWel	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
BHKW kWel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	Variante 3: PV + BHKW							
	ohne Überdachung				mit Überdachung			
PV kWp	186	93	93	186	186	93	93	186
Energiespeicher kWh	0	0	100	100	0	0	40	100
BSZ kWel	0	0	0	0	0	0	0	0
BHKW kWel	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5

Rahmenbedingung

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Versorgungsvarianten wird beispielhaft für die Quartiersgarage W.13 durchgeführt. Es wird ein Hochlauf des Elektrifizierungsgrades innerhalb der Quartiersgarage angenommen, der für alle Quartiersgarage in Krampnitz gilt. Hierbei wird eine Elektrifizierungsrate von 4% im Jahr 2024, 21 % im Jahr 2029 und 55 % im Jahr 2040 angenommen. Da die Abschreibungszeit laut AfA Tabelle von PV-Anlagen als auch Energiespeichern 20 Jahre beträgt, wird bei der Stromgestehungskostenberechnung der Zeitraum zwischen 2024 - 2043 angenommen. Alle notwendigen Werte werden für diesen Zeitraum interpoliert, wobei ein exponentielles Wachstum zwischen den Jahren angenommen wird.

Zur Berechnung der Kennzahl der Stromgestehungskosten werden folgenden Parameter angenommen:

Tabelle 16: Parameter zur Berechnung der Stromgestehungskosten, eigene Angaben Geo-En und i2g

Betrachtungszeitraum	20 Jahre
Zinsfaktor	0,5 %/a
Preisänderungsfaktor (Erhöhung zukünftiger Investitionen) [22]	1,44 %/a
Erdgas-Preissteigerung [22]	2,71 %/a
Strom-Preissteigerung [22]	4,38 %/a
Kapitalkosten der PV Anlage	990 €/kWp
Kapitalkosten der PV Anlage mit Überdachung	2.000 €/kWp
Kapitalkosten der Li-Ion Batterie	600 €/kWh
Kapitalkosten der BHKW	3.818 €/kWel
Kapitalkosten BSZ BlueGEN Solidpower	18.667 €/kWel
Verlegungen elektrischen Leitungen	10.000 €
PV Anlage Betriebskosten	1.841 €/a
Batterie Betriebskosten	300 €/a
BHKW Betriebskosten	800 €/a
BSZ Betriebskosten	600 €/a
EEG-Umlage bei Verkauf an den Letztverbraucher in	0,0667 €/kWh

Bei den KWK-Anlagen wird neben dem Strom auch Wärme produziert. Diese kann an die umliegenden Gebäude über eine Einspeisung ins Wärmenetz abgegeben werden. Es wird in der Wirtschaftlichkeitsberechnung davon ausgegangen, dass die Mehrkosten der KWK-Anlagen für die Erdgasleitungslegung, die Hydraulik, den Anschluss an das MT-Wärmenetz und Pufferspeicherüber einen Wärmepreis vom Betreiber des Wärmenetzes erwirtschaftet werden. Diese Mehrkosten sind daher nicht in der Wirtschaftlichkeitsberechnung der E-Mobilitätsversorgung inkludiert.

Neben der zentralen Kennzahlengröße Stromgestehungskosten wird ebenfalls der EE-Anteil je Variante in die Handlungsempfehlung eingebunden. Insbesondere der EE-Anteil ist eine wichtige Kennzahl, um das Ziel eines CO_2 neutralen Quartiers zu verwirklichen

Ergebnisse der Variantenbetrachtung

Versorgungsvariante 1: PV Anlage mit und ohne Energiespeicher/ mit und ohne Überdachung

Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung hat ergeben, dass die beiden Varianten PV-Anlage mit einer Dimensionierung von 186 kWp (sprich der maximalen Dachauslegung) ohne Batterie als auch einer PV-Anlagen mit der Dimensionierung 93 kWp ohne Batterie Stromgestehungskosten von 0,15 € bzw. 0,16 €/kWh aufweisen. Der gemittelte EE-Anteil dieser beiden Variante liegt bei 84 % bzw. 81 %.

An dritter und vierter Stelle liegen die Versorgungsvarianten 186 kWp PV-Anlage und 100 kWh Energiespeicher und 93 PV-Anlage und 40 kWh Energiespeicher mit Stromgestehungskosten von jeweils 0,19 €/kWh. Der gemittelte EE-Anteil dieser beiden Variante liegt bei 88 % bzw. 83 %.

Sollte diese Versorgungsvariante mit einer Überdachung errichtet werden, steigen die Stromgestehungskosten auf 0,30 €/kWh bzw. 0,31 €/kWh. Dieses Preisniveau bewegt sich bereits in der Nähe der auf Netzparität. Die beiden überdachten Varianten mit Energiespeicher weisen Stromgestehungskosten von jeweils 0,345 €/kWh auf. Der gemittelte EE-Anteil dieser vier Varianten verändert sich nicht gegenüber den ersten vier Varianten.

Somit kann an dieser Stelle festgehalten werden, dass eine Überdachung erheblich zu der Steigerung der CAPEX Kosten beiträgt, und Wirtschaftlichkeit der Energieversorgungsvarianten negativ beeinflusst. Die Stromgestehungskosten der Varianten mit Überdachung steigen um fast 100 % gegenüber den Varianten ohne Überdachung. Somit wurden die Versorgungsvarianten mit Überdachung in den nachfolgenden Untersuchungen ausgeschlossen, sollten die Stromgestehungskosten ohne Verdachung die Stromgestehungskosten der 1. Versorgungsvariante übersteigen.

Die untenstehende Tabelle fasste alle Stromgestehungskosten für die Versorgungsvariante PV Anlage zusammen.

Tabelle 17: Stromgestehungskosten in €/kWh Variante PV Anlage mit/ ohne Energiespeicher, eigene Berechnungen i2g

	Variante 1: PV							
	ohne Überdachung				mit Überdachung			
PV 186 kWp	0,15	-	-	-	0,30	-	-	-
PV 93 kWp	-	0,16	-	-		0,31	-	-
PV 186 kWp + 100kWh Batterie	-	-	0,19	-	-	-	0,34	-
PV 93 kWp+ 40 kWh Batterie	-	-	-	0,19	-	-	-	0,34

Versorgungsvariante 2: PV Anlage (mit und ohne Energiespeicher) und Brennstoffzelle

Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung hat ergeben, dass die beiden Varianten 186 kWp PV-Anlage ohne Batterie und einer 1,5 kWel Brennstoffzelle, als auch die 93 kWp PV-Anlagen ohne Batterie und einer 1,5 kWel Brennstoffzelle, Stromgestehungskosten von 0,20 €/ kWh bzw. 0,24 €/kWh aufweisen.

An dritter Stelle liegt die Versorgungsvariante 186 kWp PV-Anlage, 100 kWh Energiespeicher und 5,5 kWel BHKW mit Stromgestehungskosten von 0,23 €/kWh. An vierter Stelle liegt die Variante 93 kWp PV-Anlage, 40 kWh Energiespeicher und 5,5 kWel BHKW mit Stromgestehungskosten von 0,23 €/kWh bzw. 0,24 €/kWh.

Wie bereits erwähnt, entfällt an dieser Stelle eine weitere wirtschaftliche Betrachtung der überdachten Varianten, da die Stromgestehungskosten dieser Versorgungsvariante bereits über den Stromgestehungskosten der 1. Variante ohne Überdachung liegen. Eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch Hinzufügen der Überdachung ist an dieser Stelle ausgeschlossen.

Alle vier untersuchten Variante mit einer Brennstoffzelle liegen über den Stromgestehungskosten der ersten Versorgungsvariante. Die untenstehende Tabelle fasste alle Stromgestehungskosten für die Versorgungsvariante PV-Anlage und Brennstoffzelle zusammen.

Tabelle 18: Stromgestehungskosten in €/kWh Variante PV Anlage, Brennstoffzelle mit/ ohne Energiespeicher, eigene Berechnungen i2g

	Variante 2: PV + BSZ							
	ohne Überdachung				mit Überdachung			
PV 186 kWp + 1,5 kWel BSZ	0,20	-	-	-	-	-	-	-
PV 93 kWp + 1,5 kWel BSZ	-	0,24	-	-	-	-	-	-
PV 186 kWp + 100kWh Batterie + 1,5 kWel BSZ	-	-	0,23	-	-	-	-	-
PV 93 kWp+ 40 kWh Batterie + 1,5 kWel BSZ	-	-	-	0,24	-	-	-	-

Versorgungsvariante 3: PV Anlage (mit und ohne Energiespeicher) und BHKW Anlage

Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung hat ergeben, dass die beiden Varianten 186 kWp PV-Anlage ohne Batterie und einem 5,5 kWel BHKW, als auch 93 kWp PV-Anlagen ohne Batterie und einem 5,5 kWel BHKW, Stromgestehungskosten von 0,26 €/ kWh bzw. 0,32 €/kWh aufweisen.

An dritter Stelle liegt die Versorgungsvariante 186 kWp PV-Anlage, 100 kWh Energiespeicher und 5,5 kWel BHKW mit Stromgestehungskosten von 0,25 €/kWh. An vierter Stelle liegt die Variante 93 kWp PV-Anlage, 100kWh Energiespeicher und 5,5 kWel BHKW mit Stromgestehungskosten von 0,29 €/kWh.

Wie schon in der 2. Versorgungsvariante, entfällt auch an dieser Stelle eine weitere wirtschaftliche Betrachtung der überdachten Varianten, da die Stromgestehungskosten dieser Versorgungsvariante bereits über den Stromgestehungskosten der 1. Variante ohne Überdachung liegen. Eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch Hinzufügen der Überdachung ist an dieser Stelle ausgeschlossen.

Die untenstehende Tabelle fasste alle Stromgestehungskosten für die Versorgungsvariante PV-Anlage und BHKW zusammen.

Tabelle 19: Stromgestehungskosten in €/kWh Variante PV Anlage, BHKW mit/ ohne Energiespeicher, eigene Berechnungen i2g

	Variante 3: PV + BHKW							
	ohne Überdachung				mit Überdachung			
PV 186 kWp + 5,5 kWel BHKW	0,26	-	-	-	-	-	-	-
PV 93 kWp + 5,5 kWel BHKW	-	0,32	-	-	-	-	-	-
PV 186 kWp + 100kWh Batterie + 5,5 kWel BHKW	-	-	0,25	-	-	-	-	-
PV 93 kWp+ 100 kWh Batterie + 5,5 kWel BHKW	-	-	-	0,29	-	-	-	-

Handlungsempfehlungen

Der erste Schritt der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung hat ergeben, dass die Versorgungsvariante 1 niedrigere Stromgestehungskosten aufweist als die anderen beiden Versorgungsvarianten. Ferner ist die nicht-überdachte Variante günstiger als die überdachte. Somit werden die Versorgungsvarianten 2 und 3 aus den weiteren Untersuchungen ausgeschlossen.

Neben der quantitativen Betrachtung der Versorgungsvarianten ist eine qualitative Betrachtung an dieser Stelle empfehlenswert, um zu einer abschließenden Entscheidung für eine Versorgungsvariante zu kommen. Hierzu zählt die Frage, inwieweit die Einbindung eines Energiespeichers empfehlenswert ist – auch wenn diese Entscheidung zu höheren Stromgestehungskosten führt. Die Einbindung eines Stromspeichers führt dazu, dass zum einen der EE-Anteil innerhalb des Quartieres steigt. Der EE-Anteil ohne Batterie liegt bei 84 % bzw. 81 % und bei 88 % bzw. 83 %. Ein hoher EE-Anteil ist zu erstrebenswert, da dieser dem Quartiersziel der CO_2-Neutralität am nächsten kommt. Zum anderen migriert ein großer Energiespeicher das Preisrisiko steigender Strombezugskosten. Gerade bei steigenden Elektrifizierungsraten in der Zukunft wird der Energiebedarf exponentiell steigen, so dass ein nicht unbedeutsamer Strombezug unvermeidbar ist. Da die Entwicklung der zukünftigen Strompreise bis zu einem gewissen Grad ungewiss sind – wobei die Entwicklungsrichtung nach oben sein wird - ist ein Energiespeicher eine gute Investition, um sich gegen steigende Energiepreise zu wappnen. Somit sollte eine Versorgungsvariante gewählt werden, die einen hohen EE-Anteil aufweist als auch einen Energiespeicher aufweist. Somit fällt die letztendliche Empfehlung auf die Versorgungsvariante 1 186 kWp PV-Anlage und 100 kWh Energiespeicher.

Als letzter Schritt wird der Endpreis für die Variante PV-Anlage 186 kWp ohne Überdachung mit einer 100 kWh Batterie ermittelt. Dieser dient als Input Parameter für die nächsten Arbeitspakete.

Tabelle 20: Verkaufspreis an Letztverbraucher, eigene Berechnung i2g

Bestandteil	Höhe der Kosten
Stromgestehungskosten	0,19 €/kWh
Marge	0,04 €/ kWh
EEG Umlage im Jahr 2024	0,065 €/kWh
Umsatzsteuer	0,19 %
Verkaufspreis an Letztverbraucher im Jahr 2024	0,36 €/kWh

Diskussion der Ergebnisse

Neben dem finalen Ergebnis der Stromgestehungskosten, die als Inputparameter für den Abschnitt 3.2. dienen werden, erfolgt nun noch eine kurze Diskussion der bisherigen Ergebnisse als auch Gedanken, die in die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung eingegangen sind. Diese sollen helfen, Versorgungsvarianten in einem breiteren Rahmen zu verstehen, da Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen selten eindimensional zu verstehen sind.

Investitionszeitraum

An dieser Stelle empfiehlt sich ein kurzes Gedankenexperiment, wie der optimale Zeitpunkt für die Installation der PV-Anlage zu bestimmen ist. Um diese Fragestellung besser zu verstehen, ist es notwendig sich vor Augen zu führen, dass die Vergütungsstruktur des dezentral erzeugten Stromes je nach Abnehmer (Letztverbraucher LIS oder Netzeinspeisung) variiert. So wird in das Netz eingespeister Strom lediglich über die Direktvermarktung vergütet. Der Strom hingegen, der vor Ort direkt an den Letztverbraucher geleitet wird, über einen fixen Abnahmevertrag. In dem letzten Fall kann der PV-Anlagenbetreiber mit fixen Einnahmen rechnen, die zur Deckung der Investitions- als auch Betriebskosten fest eingeplant werden können. Diese Planungssicherheit besteht bei der Direktvermarktung nicht, da die Höhe der letztendlichen Vergütung von den am Strommarkt tatsächlich erzielten Preise abhängt. Somit bestehen für den PV-Anlagenbetreiber nicht unerhebliche Varianzen auf der Einnahmeseite. Um diese Planungsunsicherheiten zu beheben, wäre die Verschiebung der PV-Anlagen Installationen nach 2024 möglich, da über den gesamten Betrachtungszeitraum (2024 - 2043) die Stromlieferung der PV-Anlage an den Letztverbraucher LIS kontinuierlich steigt. Bedingt durch diesen Verlauf steigt der fixe Vergütungsanteil, während der risikobehaftete sinkt.

Allerdings gibt es zwei Argumente, die das Vorgehen einer Installation nach 2024 nicht empfehlen. Zum einen sorgt die installierte PV-Anlage für einen höheren EE-Anteil innerhalb des Quartiers und dies ab dem Errichtungstag des Quartieres. Das Ziel eines CO_2 neutralen Quartiers wird somit schneller erreicht. Zum anderen haben Berechnungen innerhalb dieser Wirtschaftlichkeitsuntersuchung ergeben, dass innerhalb der ersten vier Jahre die Einnahmen aus der Netzeinspeisung im Gegensatz zu dem Verkauf an den örtlichen Letztverbraucher zu vernachlässigen sind. Somit besteht nach dem Jahr 2028 kaum noch ein Risiko auf geringe Einnahme aus der Netzeinspeisung, da der Anteil der Netzeinspeisung im Gegensatz zur Direktlieferung an den Letztverbraucher LIS gering ist.

Exemplarisch wird in der folgenden Abbildung die Veränderung der Anteile der Stromlieferung je Nutzergruppe pro Jahr gezeigt.

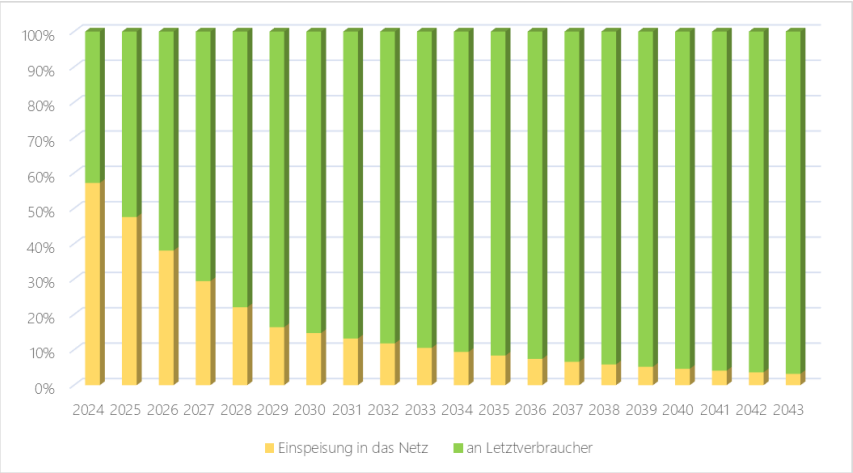


Abbildung 33: Anteile der Stromlieferung je Endnutzer pro Jahr

Es ist deutlich zu erkennen, dass der Anteil der Stromlieferung an das Netz exponentiell fällt und somit auch der Vergütungsanteil, der über die Direktvermarktung erfolgt.

Sektorenkopplung

Die Kopplung der Sektoren Wärme, Mobilität und Strom als Bindeglied zum integrierten Kundenanlagenbetrieb hat in geplanter Form großen Innovationscharakter, der nachhaltige Impulse in viele Lebens- und Wirtschaftsbereiche geben kann. Die besondere Herausforderung und der Innovationscharakter liegen hier insbesondere in der Vernetzung, dem Lastmanagement samt Speicherkapazitäten und der daraus folgenden Komplexität des Geschäftsmodells. Auch dies kann wiederum zum eigenen Vorteil genutzt werden, da die notwendigen Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung des Geschäftsmodells es ermöglichen, die jeweiligen Dienstleistungen später modular anzubieten.

Quartiersübergreifende Versorgung

Bei der zukünftigen Entscheidung über ein Versorgungsmodell wird empfohlen, dies als Teil einer zukünftigen Quartiersversorgung zu gestalten. Alle energetischen Versorgungsströme zu bündeln, bietet den großen Vorteil fixe Abnahmemengen als auch fixe Abnahmepreise für den PV-Anlagenbetreiber zu ermöglichen. Diese Planungssicherheit fördert den Investitionswillen zukünftiger Anlagenbetreibern. Ferner zeigen die bisherigen Untersuchungen, dass manche Versorgungsmodelle neben Strom auch Wärme erzeugen, die gesonderte Konzeptions- als auch Planungs- und Umsetzungsmaßnahmen bedürfen. Die Bündelung dieser Prozesse in eine Rolle erhöht den letztendlichen Projekterfolg. Diese Rolle sollte ein Quartiersversorger übernehmen.

An dieser Stelle wird noch einmal auf die zweite und dritte theoretische Versorgungsvariante eingegangen. Beide inkludieren neben der PV-Anlage auch eine KWK Anlage: Brennstoffzelle oder BHWK. Beide Technologien besitzen den großen Vorteil gegenüber einer PV-Anlage, da sie zu jeder Zeit eine energetische Grundproduktion liefern können. Nachteilig wirkt sich aus, dass sie die Notwendigkeit einer externen Energiezufuhr, in Form von Erdgas, synthetischem Gas oder auch Wasserstoff, aufweisen. Diese Notwendigkeit ergibt zwei Probleme: zum einen die komplexere Planung dieser Anlagen im Gegensatz zur PV-Anlage. Eine zusätzliche Gaszufuhr als auch eine Wärmeabfuhr muss geplant und betrieben werden. Auf der betriebswirtschaftlichen Seite müssen Lieferverträge für die Gaszufuhr geklärt werden, um kostenseitige Risiken zu minimieren, auf der Seite der Abwärme müssen Abnehmer*innen gefunden werden. Neben den zusätzlichen Aufwänden auf der technischen und betriebswirtschaftlichen Seite, besteht noch eine dritte nachteilige Dimension: der Energieträger Erdgas ist nicht CO_2-neutral, und widerspricht somit dem Zielbild eines CO_2-neutralen Quartiers. Anders verhält es sich bei der Belieferung mit synthetischem Erdgas oder sogar mit grünem Wasserstoff. Allerdings sollte in einem gesonderten Business Case beleuchtet werden, inwieweit eine Wirtschaftlichkeit mit diesen Alternativquellen sichergestellt werden kann. Dabei ist zu berücksichtigen, dass weder die Versorgung der Quartiersgaragen mit Gas noch die Einspeisemöglichkeit in das Niedertemperatur-Nahwärmenetz im Rahmen der medientechnischen Erschließung des Quartiers vorgesehen ist.

Diese Vorüberlegungen belegen erneut, dass es sich empfiehlt, ein integriertes Quartiersversorgungskonzept zu implemenntieren und dies am besten über einen Quartiersversorger planen und betreiben zu lassen. Die Bündelung der energetischen Prozesse sorgt neben einer reibungsloseren Planung, auch für eine größere Wirtschaftlichkeit der Energieanlagen.

3.2. Ermittlung von möglichen Betreibern sowie Betreibermodellen

Für den Betrieb der Ladeinfrastruktur sowie der Energieversorgungsanlage müssen eine Vielzahl verschiedener Funktionen erfüllt werden. Durch die fachspezifischen Anforderungen der einzelnen Aufgaben ist die Kooperation verschiedener Akteure bzw. Dienstleister notwendig. Dabei bündeln verschiedene Marktakteure die Rollen des CPO, EMP und des technischen Betreibers, wodurch der Eigentümer der Anlage bei einem Fremdbetrieb lediglich mit einem Dienstleister kooperiert. Nachfolgend werden die einzelnen Rollen, welche zum Betrieb der Gesamtanlage besetzt werden müssen, im Einzelnen beschrieben.

Eigentümer

Der Eigentümer der Ladeinfrastruktur investiert in die Planung, den Aufbau, die elektrische Infrastruktur sowie in die Ladetechnik. Je nach Betreibermodell kann dieser Akteur ebenfalls die Vermarktung der Ladeinfrastruktur übernehmen. Andernfalls beauftragt er einen externen Dienstleister. Zudem kann der Eigentümer, neben der Nutzung der Ladetechnik, den Ladestrom den Endkunden als Service bereitstellen. Voraussetzung dafür ist, dass der Eigentümer der Ladeinfrastruktur ebenfalls den Stromliefervertrag hält. Weitere Aufgaben übernimmt der Eigentümer in der Regel nicht.

Anbieter

Die Vermarktung der Ladeinfrastruktur erfolgt in der Regel nicht durch den Eigentümer, sondern über einen externen Dienstleister, dass kann Beispielsweise die Hausverwaltung oder ein integrierter Quartiersversorger sein. Der Anbieter vermarktet die Ladeinfrastruktur, indem er als Ansprechpartner für jegliche Ladeservices fungiert und das Kundenmanagement verantwortet. In der einfachsten Form nimmt er lediglich Kundenanfragen an, informiert und stellt den Kontakt zum eigentlichen wirtschaftlichen Betreiber her. Für der Fall Ladeinfrastruktur ist das der E-Mobility Service Provider.

Charge Point Operator

Der Charge Point Operator (CPO) ist der Administrative Betreiber der Ladeinfrastruktur und verwaltet diese für den Eigentümer. Die zentrale Aufgabe ist die Auswertung und Übermittlung von Ladevorgängen und abrechnungsrelevanten Daten. Diese Datenbereitstellung ist notwendig, um die Ladeinfrastruktur für den Endkunden auf einfache Weise, wie z.B. über eine RFID-Karte oder App, nutzbar zu machen. Realisiert wird diese Anforderung durch eine intelligente bzw. kommunikationsfähige Ladetechnik. Das Datenmanagement erfolgt auf dem sogenannten Backendsystem - einem Datenbank-Server. Über dieses System wird weiterhin der Betriebszustand der Ladetechnik überwacht. Bei auftretenden Störungen kann durch den CPO eine Fernanalyse des Systems durchgeführt werden und

Störungen zum Teil per Fernsteuerung behoben werden. Ist dies nicht möglich veranlasst der CPO einen Einsatz des technischen Betreibers zur Fehlerermittlung und Entstörung vor Ort.

E-Mobility Service Provider

Als E-Mobility Service Provider (EMP) werden Marktakteure verstanden, welche Ladeservices für Endkunden*innen anbieten. Dabei spielen zwei Services eine zentrale Rolle für den Betrieb von Ladeinfrastruktur. Zum einen ermöglichen EMPs dem Endnutzende den Zugang zu den Ladestationen, indem er eine Kooperation mit dem CPO eingeht. Dementsprechend vermarktet er die Ladepunkte und rechnet die Ladevorgänge gegenüber dem Endkunden ab und gibt einen Teil des Umsatzes an den Eigentümer weiter. Dazugehörige Aufgaben sind beispielsweise die Tarifgestaltung und das Kundenmanagement. Der zweite bedeutende Service zur Vermarktung öffentlicher Ladepunkte ist die Kooperation mit einem E-Roaming-Anbieter. Über die E-Roaming-Plattform werden die Ladepunkte verschiedener EMPs für die Endnutzer verfügbar, wodurch eine große Ladelandschaft entsteht. Für den Nutzer bedeutet dies, dass er sich mit der von seinem EMP ausgehändigten Ladekarte an einer Vielzahl von Ladepunkten authentifizieren und laden kann.

Technischer Betreiber

Der technische Betreiber ist für die jährliche Wartung und Instandhaltung der Ladeinfrastruktur verantwortlich. Weiterhin ist er für die Entstörung zuständig, welche in Abhängigkeit des vertraglich festgelegten Service Level's innerhalb eines definierten Zeitraums erfolgt. Typische Bereitschaftszeiten für eine Entstörung ab dem Meldezeitpunkt sind 24 oder 48 Stunden.

Kundenanlagenbetreiber – Energieversorgungsanlage

Der Betrieb der Energieversorgungsanlage ist nicht weniger umfangreich als der Betrieb der Ladeinfrastruktur. Allerdings werden die dazu notwendigen Leistungen von externen Anbietern gebündelt angeboten, wodurch hinsichtlich des Zusammenspiels der Akteure, eine geringe Komplexität entsteht. Aus diesem Grund werden alle Kernfunktionen hier zusammengefasst erläutert. Der Kundenanlagenbetreiber errichtet, wartet und betreibt die Energieversorgungsanlage. Dazu gehören auch die Vermarktung und Sicherstellung der Energieversorgung. In Zeiten in denen im Quartier nicht ausreichend Strom zur Deckung der Bedarfe erzeugt wird, bezieht er über einen separaten Stromliefervertrag Strom, um Engpässe zu vermeiden. In dem zugrundliegenden Anwendungsfall liefert der Kundenanlagenbetreiber den Strom ausschließlich an die Ladeinfrastruktur. Stromüberschüsse, werden in das Stromnetz eingespeist und direkt vermarktet.

3.3. Mögliche Betreibermodelle für die Ladeinfrastruktur und Energieversorgungsanlage

Für den Betrieb der Ladeinfrastruktur sowie der Energieversorgungsanlage werden nachfolgend drei mögliche integrierte Betreibermodelle vorgestellt. Diese werden in Abbildung 34 veranschaulicht. Unterschieden wird zwischen den Modellen Eigenbetrieb, Fremdbetrieb und Teil-Fremdbetrieb. Die Gemeinsamkeit aller Modelle ist, dass der Eigentümer der Ladeinfrastruktur und Energieversorgungsanlage dieselbe juristische Person ist. Die Rollen des Anbieters und Betreibers können ebenfalls durch den Eigentümer oder durch externe Dienstleister übernommen werden.

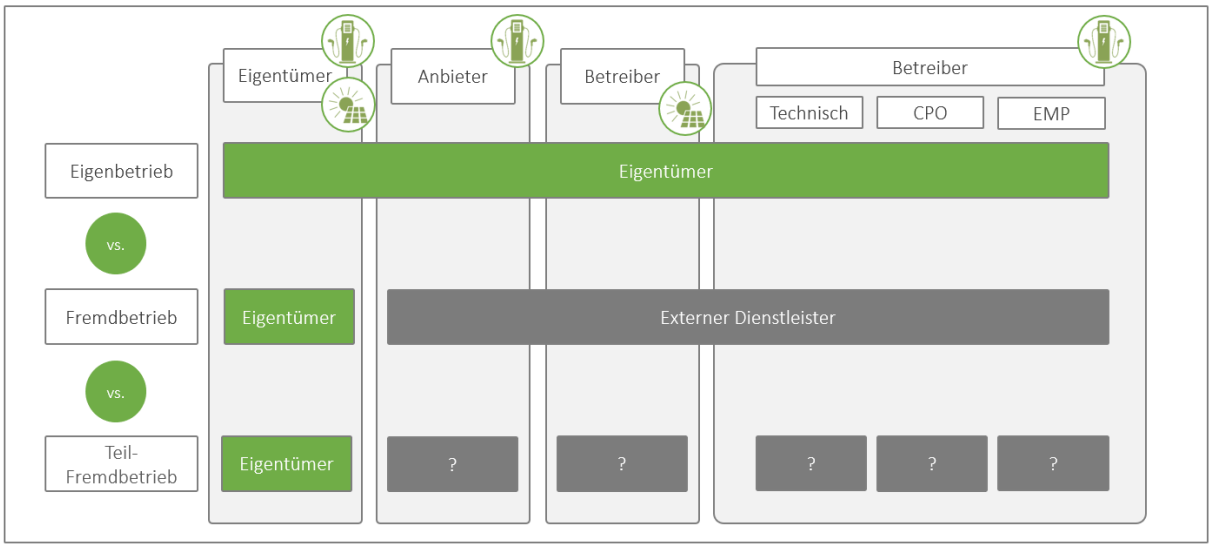


Abbildung 34: Betreibermodelle Ladeinfrastruktur und Energieversorgungsanlage

Eigenbetrieb

Im Betreibermodell „Eigenbetrieb" übernimmt der Eigentümer die Vermarktung sowie den gesamten Betrieb der Anlage. Dies setzt die Bündelung von fachübergreifendem Wissen und Qualifikationen innerhalb einer Organisation voraus. Die Tools, die zur Erfüllung der oben beschriebenen Funktionen notwendig sind, werden teilweise von verschiedenen Anbietern als Software-as-a-Service Lösung angeboten. So kann z.B. durch die Bereitstellung eines Backendsystems mit Funktionen zum wirtschaftlichen Kundenmanagement die Rolle des CPO und EMP von dem Eigentümer übernommen werden. Als Service wird den verschiedenen Nutzergruppen im Quartier die Ladetechnik sowie der notwendige Ladestrom zur Verfügung gestellt. Das Preismodell bestimmt der Eigentümer. Die Umsetzung dieses Modells ist mit großem Aufwand und Risiko verbunden und sollte nur mit Aussicht auf den Betrieb mehrerer Anlagen mit einer hohen Auslastung in Betracht gezogen werden. Im Quartier Krampnitz kann dies ein geeignetes Modell sein, wenn ein Großteil der Quartiersgaragen umgesetzt und von einem Unternehmen betrieben werden.

Fremdbetrieb

Beim Fremdbetrieb werden die Energieversorgungsanlage sowie die Ladeinfrastruktur von mehreren externen Dienstleistern betrieben. Dabei kann durch die Beauftragung von Dienstleistern, welche bestimmte Funktionen bündeln, die Kooperation vereinfacht werden. Im optimalen Fall wird ein Betreiber für die Energieversorgungsanlage und ein Betreiber für die Ladeinfrastruktur beauftragt. Letzterer übernimmt dabei ebenfalls die Vermarktung der Ladeservices. Sollen Partnerunternehmen integriert werden, welche nicht alle Leistungen erfüllen können, kann es auch sinnvoll sein, mehrere Betreiber zu Beauftragen. Trotz der Vermarktung durch Dritte bestimmt der Eigentümer das Preismodell für die Ladeinfrastruktur. Die Betreiber erhalten eine feste Vergütung und müssen nicht am Umsatz beteiligt sein. Durch die Externalisierung aller Funktionen ist der Aufwand für den Eigentümer bei diesem Modell besonders gering. Das wirtschaftliche Risiko bleibt dennoch bestehen. Im Quartier Krampnitz sollte bei Anwendung dieses Modells, durch eine Kooperation der einzelnen Eigentümer, der Betrieb aller Quartiersgaragen aus Effizienz- und Kostengründen durch dieselben Betreiber erfolgen.

Teil-Fremdbetrieb

Im Teil-Fremdbetreib übernimmt der Eigentümer einzelne Betriebsfunktionen. In der Regel setzt er Expertisen ein, die er bereits mitbringt und ergänzt die Fehlenden durch die Integration externer Dienstleister. Ein Wohnungsunternehmen kann beispielsweise die Vermarktung sowie das Kundenmanagement mit der Abrechnung der Endkunden übernehmen. Der Betreiber der Ladeinfrastruktur würden die aufbereiteten Abrechnungsdaten der verschiedenen Nutzergruppen aufbereiten und an das Wohnungsunternehmen weitergeben. Nachteilig ist, dass durch die Aufteilung der Funktionen der Grad an Komplexität bei der Zusammenarbeit steigt. Wie auch in den anderen Modellen bestimmt der Eigentümer das Preismodell. Dieses Modell könnte im Quartier Krampnitz umgesetzt werden, in dem eine zentrale Vermarktungseinheit aufgebaut wird, welche alle Dienstleistungen im Quartier anbietet und verwaltet.

Zusammenfassung und Empfehlung

Die Entwicklung integrierter Betreibermodelle setzt die Kooperation und Bereitschaft von Akteuren verschiedener Fachgebiete voraus. Dabei sind wie oben dargestellt, eine Vielzahl von Gestaltungsmöglichkeiten gegeben. In Frage kommen der Eigenbetrieb, der Fremdbetrieb sowie der Teil-Fremdbetrieb. Die Auswahl des Betreibermodells hängt von verschiedenen Rahmenbedingungen ab. Es ist vorteilhaft, wenn der Eigentümer in der Lage ist, selbst Betriebsaufgaben zu übernehmen. Positive Effekte in der Zusammenarbeit entstehen, wenn ein Partnernetzwerk mit eingebracht werden kann. Die in Kapitel 1.2 vorgestellten relevanten Stakeholder bringen verschiedene Kernkompetenzen mit, welche in dem integrierten Betreibermodell eingebracht werden können.

3.4. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Ladeinfrastruktur

Die Wirtschaftlichkeit von Ladeinfrastrukturprojekten hängt von einer Vielzahl verschiedener Faktoren ab, welche vorab ermittelt und betrachtet werden müssen. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dient der Schaffung von Transparenz hinsichtlich der Investitionskosten sowie zukünftiger Einnahmen und Ausgaben. Diese Transparenz ist unter anderen notwendig, um den Umfang der Umsetzungsmaßnahmen zu definieren und dient zudem als Entscheidungsgrundlage für das zukünftige Betreiber- und Preismodell.

Methode

Zur Schaffung der notwendigen Transparenz wurde für die Quartiersgarage W.13 eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt. Um ein möglichst realistisches Ergebnis zu erzielen, wurde die Ladeinfrastruktur der Nutzergruppen Anwohnende, Gewerbe und Carsharing betrachtet. Grund dafür ist zum einen, dass die Anzahl der Ladepunkte in allen Quartiersgaragen mit Abstand den größten Anteil ausmachen und zum anderen, dass die Energiebedarfe am besten prognostizierbar sind. Die Auslastung der Ladepunkte stellt eine signifikante Einflussgröße für Wirtschaftlichkeit dar. Durch die Auswahl der am besten prognostizierbaren Nutzergruppen wird somit eine größtmögliche Planungssicherheit geschaffen. Die Anzahl der benötigten Ladepunkte sowie die Energiebedarfe dieser Nutzergruppen werden im Kapitel 1.5 Dimensionierung der Ladeinfrastruktur beschrieben. In der Wirtschaftlichkeitsanalyse wurden alle Ladestationen betrachtet, die entsprechend des prognostizierten Hochlaufs bis 2029 nachgefragt werden. Die Vorrüstung aller zu elektrifizierenden Stellplätzen wurde mitbetrachtet. Ab diesen Zeitpunkt wurde eine Nutzungsdauer der gesamten Ladeinfrastruktur von weiteren 10 Jahren angenommen. Grund dafür ist, dass die Erweiterung der Ladeinfrastruktur nachfrageorientiert über den gesamten Betrachtungszeitraum (2029 bis 2040) erfolgt. So würde Ladetechnik, die am Ende des Betrachtungszeitraums errichtet wird, aufgrund der geringen Nutzungsdauer das Ergebnis verfälschen. Weiterhin können durch die sukzessive Erweiterung der Ladeinfrastruktur in den jeweiligen Jahren, auf Basis der aktuellen Rahmenbedingungen, erneute Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen durchgeführt werden. Zur Bewertung des Investitionsvorhabens wurde unter Berücksichtigung aller Kosten, Einnahmen und Ausgaben die Internal Rate of Return (IRR) berechnet. Diese Kennzahl wird durch einen dynamischen Investitionsverfahren ermittelt und dient als Vergleichswert zur erwarteten Mindestrendite des Unternehmens. Zur Berechnung der Betriebsausgaben wurde das Betreibermodell “Fremdbetrieb” ausgewählt. Ein Teil des Energiebedarfs wird bei der Betrachtung durch die Energieversorgungsanlage Variante 1 186 kWp PV-Anlage und 100kWh Batterie bereitgestellt. Hier wurden vorab die Strompreise ermittelt, welche zu einem wirtschaftlichen Betrieb der Anlage führen. Reststrom wird über das Stromnetz bezogen. Weiterhin wurde ein mögliches Preismodell zur Ermittlung der Einnahmen entwickelt.

Ergebnisse

Die nachfolgende Tabelle 21 zeigt die für Kalkulation zugrundgelegten Annahmen, auf dessen Grundlage die Kosten, Ausgaben und Einnahmen im Betrachtungszeitraum, entsprechend die

Kalkulierten Hochlaufs an Ladepunkten, berechnet worden sind. Als Preismodell für die elektrifizierten festvermieteten Stellplätze wurde angenommen, dass Einnahmen aus einer erhöhten Stellplatzmiete und durch eine Marge auf den bereitgestellten Strom erzielt werden.

Tabelle 21: Kosten- und Umsatzrelevante Annahmen

Kostenrelevante Annahmen	
Hardware und Montage	
Planung, Beschaffung und Aufbau der Haupt- und Unterverteilung	500 €/LP
Ladetechnik AC 11/22 kW, 2 LP mit Schutzkomponenten	4.000 €/2LP
Ladetechnik 24 kW DC, 2 LP mit Schutzkomponenten	20.000 € /2LP
Montage	1.000 € /2LP
Betrieb	
CPO / EMP	140,00 €/LPa
Techn. Betrieb	170,00 € /LPa
Umsatzrelevante Annahmen	
Marge Strom nach Nutzergruppe	
Anwohner	20%
Gewerbe	30%
Carsharing	40%
Umlage auf Stellplatzmiete zur Refinanzierung der Ladeinfrastruktur	
Anwohner	30,00 €
Gewerbe	50,00 €
Carsharing	100,00 €

Tabelle 22 zeigt die durchschnittlichen Stromkosten sowie die resultierenden durchschnittlichen Strompreise der einzelnen Nutzergruppen. Die Stromkosten wurden als gewichteter Mischsatz aus den Stromkosten der Energieversorgungsanlage und den netzbezogenen Stromkosten auf Jahresbasis kalkuliert. Als Startzeitpunkt wurde der Inbetriebnahmezeitpunkt 2024 gewählt. Für diesen Zeitpunkt wurde Stromkosten von 0,32 €/kWh prognostiziert, welcher bis 2039 auf 0,47 €/kWh ansteigt.

Tabelle 22: Ermittelten Stromkosten und -preise

Strombeschaffung	
Durchschnittlicher Stromkosten (PV-Strom, Netzbezug)	0,38 €/kWh
Stromvermarktung	
Durchschnittlicher Strompreis im Betrachtungszeitraum nach Endverbraucher	
Anwohner	0,45 €/kWh
Gewerbe	0,49 €/kWh
Carsharing	0,52 €/kWh

Die Tabelle 23 fasst alle Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung bezogen auf den Zeitpunkt t = 0 und den Zeiträumen 2024 bis 2029 und 2029 bis 2039 zusammen. Dazu gehören die in den definierten Zeiträumen neu errichteten Ladepunkte je Nutzergruppe, deren Energiebedarfe sowie die

Strombezugsquelle. Des Weiteren werden Ausgaben und Einnahmen aufgeschlüsselt dargestellt sowie die kalkulierte Internal Rate of Return angegeben.

Tabelle 23: Ergebniszusammenfassung Wirtschaftlichkeitsanalyse

Jahr	T = 0 (2024)	bis 2029	bis 2040	Summe
Anzahl Ladepunkte				
Bewohnende	9	38	0	47
Gewerbe	5	19	0	24
Carsharing	6	4	0	10
Energiebedarf [kWh]				
Bewohnende		152.797	514.410	667.206
Gewerbe		164.705	524.102	688.807
Carsharing		162.994	346.032	509.026
Strombezug [kWh]				
PV-Strom		295.272	663.150	958.422
Netzbezug		185.221	721.530	906.751
CAPEX				
Planung, Aufbau, Hardware HV, UV gesamt	100.000 €	- €	- €	100.000 €
Ladetechnik AC 11/22 kW, 2 LP mit Schutzkomponenten	40.000 €	140.000 €	- €	180.000 €
Ladetechnik 24 kW DC, 2 LP mit Schutzkomponenten	60.000 €	40.000 €	- €	100.000 €
OPEX				
Strom		168.798 €	539.570 €	708.368 €
CPO / EMP		34.440 €	113.400 €	147.840 €
Techn. Betrieb		41.820 €	137.700 €	179.520 €
Einnahmen				
Einnahmen aus Stellplatzvermietung (Umlage)				
Bewohnende		47.520 €	169.200 €	216.720 €
Gewerbe		40.800 €	144.000 €	184.800 €
Carsharing		55.200 €	120.000 €	175.200 €
Strombereitstellung				
Bewohnende		64.485 €	240.564 €	305.050 €
Gewerbe		75.274 €	265.522 €	340.796 €
Carsharing		80.019 €	188.793 €	268.812 €
Interner Zinsfuß	2,55%			

Wie der Abbildung 35 entnommen werden kann, machen die elektrifizierten Stellplätze der Anwohner mit 58 % den größten Anteil in der Quartiersgarage aus. Ein Drittel der elektrifizierten Stellplätze wird von Gewerbetreibenden genutzt. Die Carsharing-Stellplätze stellen mit 12 % den kleinsten Anteil dar. Trotz des großen Anteils elektrifizierter Anwohnerstellplätze entspricht der Energiebedarf dieser Nutzergruppe annähernd, dem der Gewerbetreibenden. Aufgrund der perspektivisch hohen Auslastung der Carsharing-Fahrzeuge beträgt der Energiebedarf dieser Nutzergruppe 27 % des Gesamtenergiebedarfs. Gedeckt werden die Strombedarfe zu 51 % aus regenerativem Strom der lokalen

Energieversorgungsanlage. Der Grünstromanteil des aus Netz bezogenen Graustrom wurde in dieser Auswertung nicht berücksichtigt.

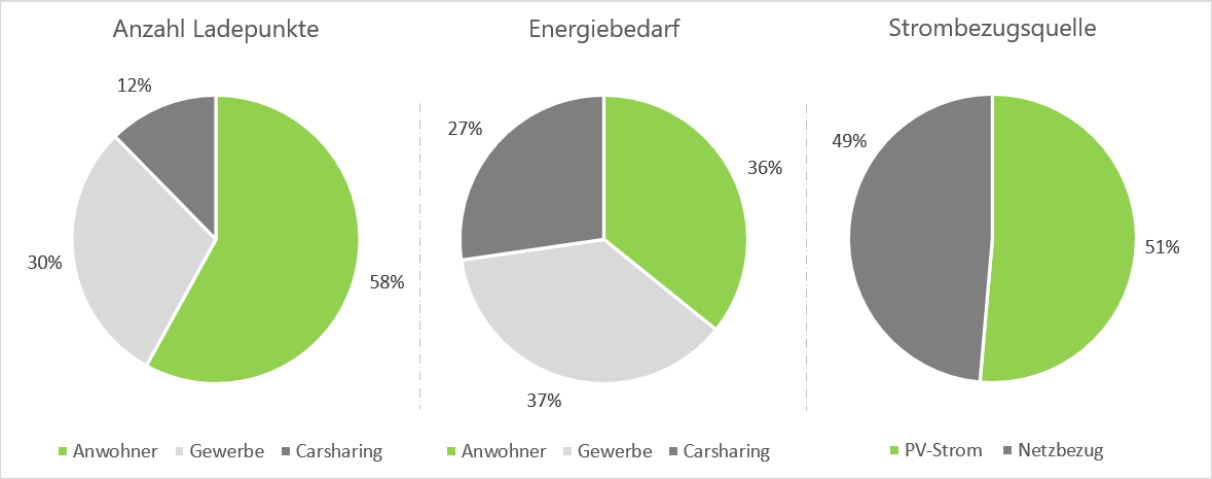


Abbildung 35: Ladepunkte, Strombedarf und Strombezug nach Nutzungsgruppen gesamt

Abbildung 36 zeigt die Struktur der Investitionskosten für die Errichtung der Haupt- und Unterverteilung, der Vorrüstung aller zu elektrifizierenden Stellplätzen sowie die der Ladestationen, welche bis 2029 errichtet werden. Weiterhin wird die Verteilung Betriebskosten, die für die Ladeinfrastruktur bis 2039 anfallen dargestellt. Den größten Anteil der Investitionskosten macht, auf Grund der hohen Anzahl von 47 Ladepunkten, die Ladetechnik für die Anwohnende aus. Die Vorrüstung der Stellplätze sowie die Errichtung der Haupt- und Unterverteilung macht den geringsten Anteil aus. Dabei ist zu beachten, dass angenommen wurde, dass der Netzanschluss bauseitig bereitgestellt wird. Die Betriebskosten betragen insgesamt rund das 2,5-fache der Investitionskosten. Grund dafür sind vor allem die Stromkosten. Die Kosten für den administrativen und technischen Betrieb fallen mit 14 und 17 % weniger ins Gewicht. Abzüglich der Stromkosten entsprechen die Betriebskosten rund 86 % der Investitionskosten.

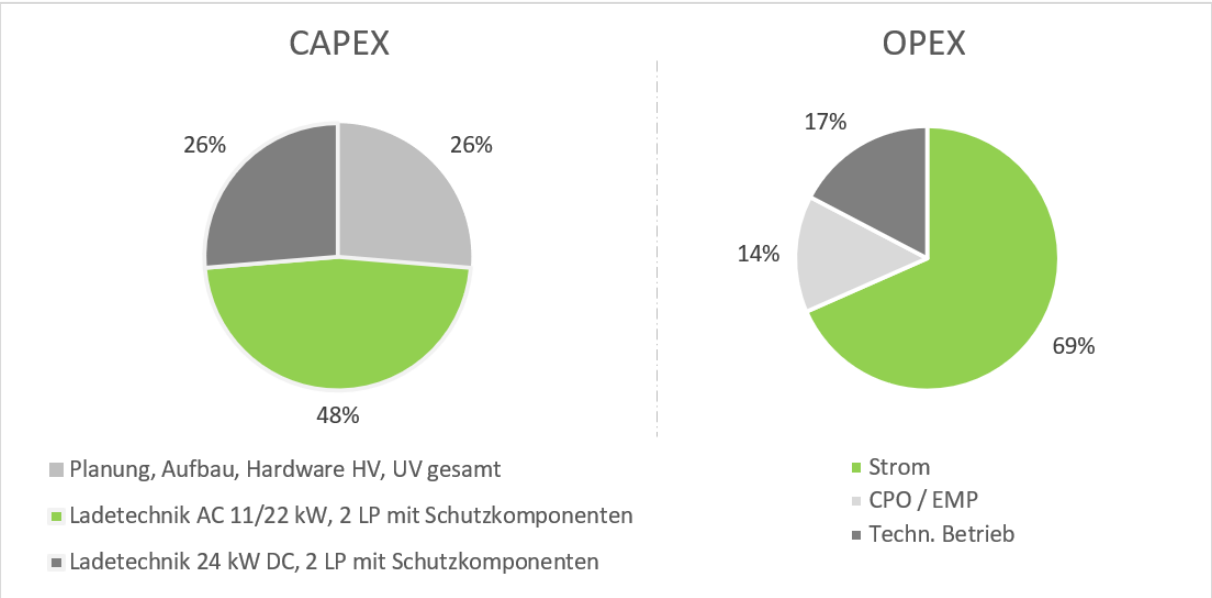


Abbildung 36: CAPEX- und OPEX-Struktur

Wie Abbildung 37 zeigt werden durch die Stellplatzvermietung sowie der Strombereitstellung je Nutzergruppe rund ein Drittel der Einnahmen erzielt. Da die Stellplatzmiete als Aufschlag für die Bereitstellung der Ladetechnik einkalkuliert wurde, ist diese Einnahme zu 100 % als Deckungsbeitrag zur Refinanzierung der Investitionskosten zu interpretieren. Der Deckungsbeitrag aus den Einnahmen der Strombereitstellung beträgt 29 %. Der Gesamtdeckungsbeitrag der Strombereitstellung beträgt 36 %. Somit wird die Ladeinfrastruktur größtenteils über die Stellplatzvermietung refinanziert.

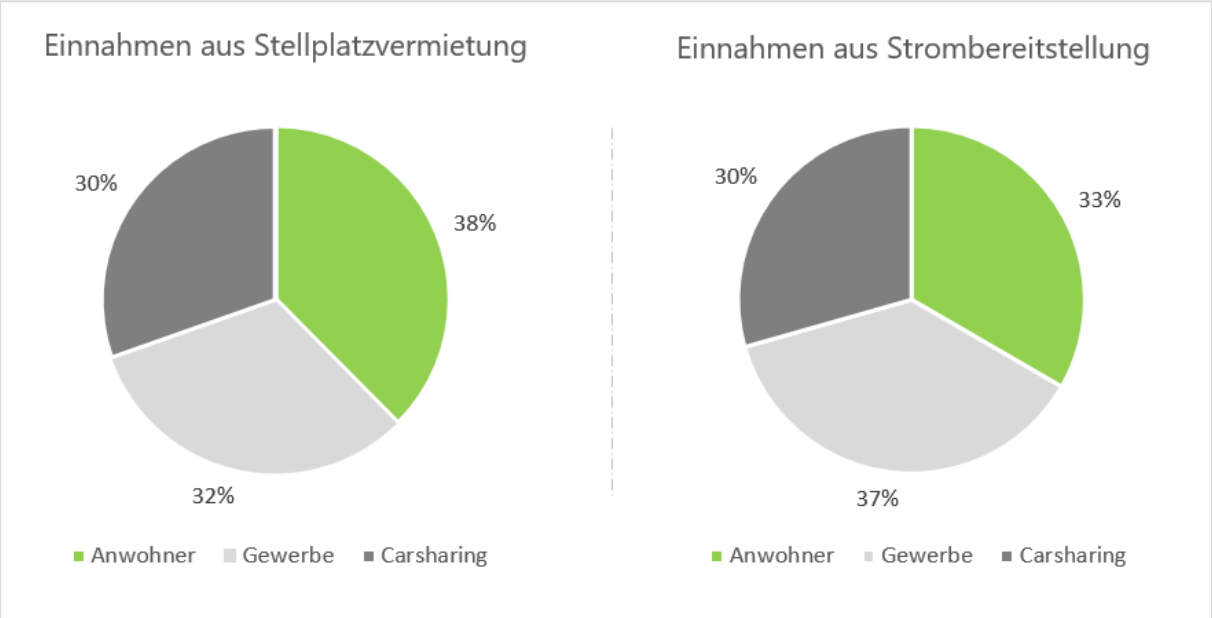


Abbildung 37: Einnahmen aus Stellplatzvermietung und Strombereitstellung

Bewertung der Internal Rate on Return on Investment

In der dynamischen Investitionsrechnung werden zukünftige Einnahmen und Ausgaben mittels des Kalkulationszinssatzes (WACC) diskontiert, wodurch der Wert zukünftiger Zahlungsflüsse zum heutigen Zeitpunkt ermittelt wird. Der Kalkulationszinssatz variiert je nach Investitionsvorhaben und Unternehmen. Zur Berechnung fließen unter anderem der Eigen- und Fremdkapitalkostensatz sowie verschiedene Risikozinssätze in die Berechnung ein. Die Internal Rate of Return ist der Kalkulationszinssatz, bei dessen Verwendung sich ein Kapitalwert von Null ergibt. Dies bedeutet, dass die Höhe der Einnahmen, die der Ausgaben entsprechen. Bei einem Kapitalwert von Null entspricht die Amortisationsdauer exakt der Dauer des Betrachtungszeitraums. Eingesetzt wird die IRR von Unternehmen als Vergleichswert zu der unternehmensinternen erwarteten Mindestverzinsung. Ist der IRR größer als die Mindestverzinsung, ist das Wirtschaftlichkeitskriterium erfüllt. Die ermittelte Internal Rate of Return in Höhe von 2,55 % wird als niedrig eingestuft. Grundsätzlich sind die Kalkulationszinssätze von Unternehmen der Versorgungsbranche im Verhältnis zu anderen Branchen niedrig. Die aktuellen WACCs der verschiedenen Branchen reichen von 2,5 bis 9,4 %. Die niedrigsten WACCs werden mit 2,5 bis 3,2 % in der Versorgungsbranche angesetzt [23]. Somit befindet sich der berechnete IRR an der Untergrenze derzeitig gängiger Gesamtkapitalkostensätze.

Die Wahrscheinlichkeit ist somit groß das die erwartete Mindestverzinsung über dem berechneten IRR liegt. Um den IRR positiv zu beeinflussen, müssen die Kosten reduziert oder Einnahmen erhöht werden. Inwiefern die Preise erhöht werden können, hängt von der Akzeptanz der Nutzergruppen ab sowie den Mietpreisen für die Stellplätze ohne Ladetechnik.

Zusammenfassung und Empfehlung

Ladeinfrastrukturprojekte sind aufgrund der hohen Investitions- und Betriebskosten sowie den geringen Einnahmemöglichkeiten nur schwer wirtschaftlich darstellbar. Aus diesem Grund ist der Nachfrageorientierte Ausbau der Ladeinfrastruktur zwingend notwendig, um kurzfristig eine hohe Auslastung der Ladepunkte zu erzielen. Hinsichtlich des Preismodells ist abzuwägen, welche Strom- und Stellplatzmietpreise den Kunden*innen zumutbar sind, ohne dass ein zu hohes wirtschaftliches Risiko entsteht. Übernimmt der Eigentümer zeitgleich Betriebsaufgaben können die Betriebskosten reduziert werden, zeitgleich wird ein größerer Wertschöpfungsanteil erzielt. Dies kann ebenfalls durch eine Kooperation lokal agierender Akteure erfolgen, welche ihre Kernkompetenzen in das Betreibermodell einfließen lassen.

4 Entwicklung eines multimodalen Verkehrsangebots und Konzeption einer digitalen Mobilitätskarte

Wie bereits in Kapitel 1 ausgeführt soll das Quartier Krampnitz zu einem modernen und lebendigen Stadtteil entwickelt werden. Das Quartier wird nach dem städtebaulichen Leitbild „Quartier der kurzen Wege“ erbaut. Durch die geplanten Nahversorgungseinrichtungen (siehe Abbildung 38) können viele Wege zu Fuß oder mit dem Fahrrad bewältigt werden. Hierdurch wird die Grundvoraussetzung für den Verzicht auf den eigenen Pkw geschaffen. Für eine erfolgreiche Mobilitätsstrategie müssen jedoch zusätzliche neue Mobilitätsangebote integriert und für die Bewohnende und Besuchende attraktiv gestaltet werden.

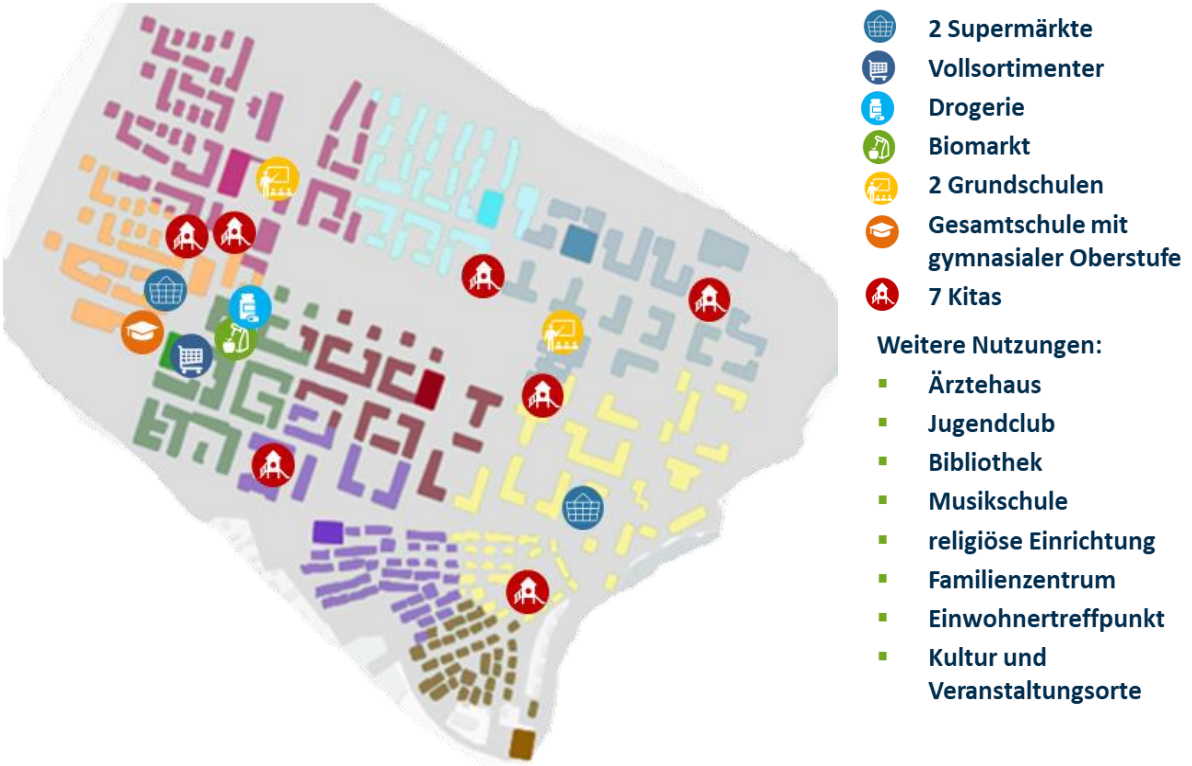


Abbildung 38: Übersicht Nahversorgungseinrichtungen und soziale Infrastruktur

Die nachfolgenden Ausführungen beschreiben ein zukunftsorientiertes sowie quartiersspezifisches Mobilitätsangebot und geben Hinweise zur Umsetzung der Mobilitätsmaßnahmen.

4.1 Modellierung eines quartiersspezifischen Mobilitätsangebotes

4.1.1 Anwenden des Stellplatzäquivalenzmodells und Bestimmung des Einspar- und Substitutionspotentials von Stellplätzen durch alternative Mobilitätsangebote

Für ein fußgängerfreundliches Wohn- und Lebensumfeld mit einer hohen Aufenthaltsqualität wird der Straßenraum im Quartier Krampnitz autoarm gestaltet. Der zu realisierende Stellplatzschlüssel von 0,5 Parkplätzen je Wohneinheit entspricht der in der Potsdamer Stellplatzsatzung festgelegten Untergrenze. Anstelle von konventionellen straßenbegleitenden Parkplätzen stehen den Bewohnenden und Gewerbetreibenden 9 Quartiersgaragen mit rund 3.900 Stellplätzen zur Verfügung. Die Quartiersgaragen sind dezentral im gesamten Quartier verortet, sodass die maximale Entfernung einer Wohnung zur Quartiersgarage 300 m beträgt und die Quartiersgaragen somit gut fußläufig erreichbar sind.

Um die Mobilität der Bewohnende und Gewerbetreibenden auch ohne eigenen Pkw sicherzustellen bedarf es jedoch eines abgestimmten Konzeptes. Hierbei gilt es den Umweltverbund zu stärken. Eine attraktive Vernetzung und der Ausbau von Infrastrukturen für Fuß- und Radverkehr, Bus und Bahn sowie Auto- und Fahrradverleihsysteme sorgen für mehr Sicherheit, bessere Luft, weniger Lärm und ein hohes Maß an Mobilität. Die folgenden Maßnahmen stärken die Mobilität des Quartieres, ermöglichen einen individuellen Verkehr ohne eigenen Pkw und unterstützen das ÖPNV Angebot.

Angebotsqualität des ÖPNV

Der ÖPNV gilt als Rückgrat der städtischen Mobilität. Nur durch eine qualitativ hochwertige Anbindung des Quartiers kann eine autoarme Entwicklung sichergestellt und der Straßenverkehr entlastet werden. Der Leitfaden zur Musterstellplatzsatzung NRW [24] definiert Beispielkriterien für die Qualitätseinordnung der ÖPNV-Erschließung (siehe Tabelle 24).

Tabelle 24: Beispielkriterien für die Qualitätseinordnung der ÖPNV-Erschließung, Leitfaden zur Musterstellplatzsatzung NRW

	Kriterien
sehr gute ÖPNV-Erschließung	**Haltestelle des ÖPNV (auch Bus)** • mit mind. 7,5-Minuten-Takt (Mo–Sa, 6–19 Uhr) oder mind. 12 Abfahrten zu wichtigen Zielen (z. B. Hbf./Innenstadt) mit höchstens 10 Minuten Fahrzeit oder 6–11 Abfahrten/h mit höchstens 5 Minuten Fahrzeit • in max. 300 m Entfernung **Haltestelle des schienengebundenen ÖPNV** • mit mind. 7,5 Minuten-Takt (Mo–Sa, 6–19 Uhr) oder mind. 12 Abfahrten zu wichtigen Zielen (z. B. Hbf./Innenstadt) mit höchstens 15 Minuten Fahrzeit oder 6–11 Abfahrten/h mit höchstens 10 Minuten Fahrzeit • in max. 300 m Entfernung
gute ÖPNV-Erschließung	**Haltestelle des ÖPNV (auch Bus)** • mit mind. 15-Minuten-Takt (Mo–Sa, 6–19 Uhr) oder mind. 12 Abfahrten/h zu wichtigen Zielen mit 11–15 Minuten Fahrzeit oder 6–11 Abfahrten/h mit 6–10 Minuten Fahrzeit

	• in max. 300 m Entfernung **Haltestelle des schienengebundenen ÖPNV** • mit mind. 15-Minuten-Takt (Mo–Sa, 6–19 Uhr) oder mind. 12 Abfahrten/h zu wichtigen Zielen mit 16–20 Minuten Fahrzeit oder 6–11 Abfahrten/h mit 11–15 Minuten Fahrzeit • in max. 300 m Entfernung
einfache ÖPNV-Erschließung	**Haltestelle des schienengebundenen ÖPNV** • mit mind. 15-Minuten-Takt (Mo–Sa, 6–19 Uhr) • in max. 500 m Entfernung **oder** alle übrigen mit dem ÖPNV erschlossenen Bereiche, sofern die Angebotsqualität einen gewissen Standard aufweist

In Abhängigkeit der entsprechenden ÖPNV-Angebotsqualitäten werden die nachfolgenden Abminderungsfaktoren zur Erstellung von Stellplätzen vorgeschlagen.

Tabelle 25: Verringerung der Anzahl der notwendigen Pkw-Stellplätze

	Verringerung der Anzahl der notwendigen Pkw-Stellplätze um ...
sehr gute ÖPNV-Erschließung	30-70 %
gute ÖPNV-Erschließung	20-40 %
einfache ÖPNV-Erschließung	10-30 %

Die Quartiersentwicklung Krampnitz wird zukünftig bis zu 10.000 Einwohnende sowie verschiedene Gewerbetreibende und Nahversorger beheimaten. Die ÖPNV Erschließung kann insbesondere durch die geplante Tram Anbindung und dem Busvorlaufbetrieb als gut bis sehr gut bewertet werden (siehe Kapitel 1.1).

Neben der Erschließungsqualität empfiehlt es sich, zur weiteren Förderung des ÖPNV die Ausstattung der Haltestellen zu verbessern. Dazu zählen die Bereitstellung von sicheren Fahrradstellplätzen, eine komfortable und freundliche Gestaltung der Haltestellen inkl. Wetterschutz, eine ausreichende Ausleuchtung zur Verbesserung des Sicherheitsgefühls, die Ausstattung mit Informationsanzeigen (digitale Fahrpläne, Umgebungskarten etc.), die Schaffung von barrierefreien Haltepunkten sowie die Erleichterung der Kombination von Verkehrsmitteln (z.B. Sharingoptionen).

Parkraumbewirtschaftung & Ruhender Verkehr

Die Nachfrage nach Stellplätzen kann durch die Etablierung eines Parkraummanagement-Systems effektiv gesteuert werden. Die Zahl der verfügbaren Parkplätze, ihre Bepreisung und die Überwachung des ruhenden Kfz-Verkehrs sind wesentliche Stellgrößen, um die Verkehrsmittelwahl zu beeinflussen. Der Leitfaden zur Musterstellplatzsatzung NRW empfiehlt zur Reduzierung von Stellplätzen eine Mindestabgabe von 20 € je Monat für einen nicht überdachten und von mindestens 40 € je Monat für überdachte Stellplätze. Darüber hinaus sind Tagesparkberechtigungen von mindestens 1/20 der Kosten für Monatsparkberechtigungen möglich und das Parken bis zu einer Dauer von 3 h kann kostenfrei ermöglicht werden.

Aufgrund der hochwertigen Infrastruktur könnten im Quartier Krampnitz höhere Preise angesetzt werden. Die Einnahmen dienen zum einen der Refinanzierung der Infrastruktur und können darüber hinaus andere Mobilitätsangebote subventionieren.

Um Engpässe an Stellplätzen auszugleichen, können die Parkflächen im Quartier flexibilisiert werden und ermöglichen somit eine Mehrfachnutzung durch Bewohnende, Besuchende und Gewerbetreibende. Vor dem Hintergrund, dass die Stellflächen der Bewohnende insbesondere in den Nachtstunden belegt sind und die Flächen der Gewerbetreibenden und Nahversorger vor allem zu den Öffnungszeiten benötigt werden, können somit Synergieeffekte geschaffen werden. Hierdurch steigt jedoch das Kfz-Aufkommen im Quartier.

Außerhalb der Quartiersgaragen sind in Potsdam Krampnitz nach derzeitigem Planungsstand keine Stellplätze vorgesehen.

ÖPNV-Vergünstigungen

Das Mieterticket bietet für die Mietende eines Wohngebietes oder eines Wohnungsumfeldes ein exklusives Ticketangebot, welches eine preiswerte Nutzung des ÖPNV ermöglichen könnte. Dadurch wird im Quartier Krampnitz nicht nur für Pendelnde eine kostengünstige Alternative zum privaten Pkw geschaffen, sondern auch die Nutzung von Bus und Bahn für Alltagswege gefördert. Insgesamt wird bei den Mietertickets zwischen drei Modellen unterschieden.

Tabelle 26: Unterscheidung von drei Mieterticket-Modellen

Modell	Freiwilliges Modell	Solidarmodell	Sharingmodell
Funktionsweise	Mindestabnahme an Tickets und direkte Rabattweitergabe	Mischkalkulation zwischen Viel- und Wenig-Nutzenden	Teiles einer übertragbaren Netzkarte durch Nutzungsgruppen
Ticketerwerb	Optional	Obligatorisch	Optional
Rabatt ggü. Jahresabopreis	Gering	Hoch	Mittel bis Hoch
Zielgruppe	Alle Mieter*innen des Wohnungsunternehmens	Alle Mieter*innen des Wohnungsunternehmens oder Wohngebiets	Mieter*innen oder Eigentümer einzelner Wohngruppen
Einführung	Bestand und Neubau	Nur Neubau	Bestand und Neubau

In allen Modellen ist es auch denkbar, dass der Vermieter oder das Quartiersmanagement die Tickets durch einen eigenen Kostenanteil weiter ermäßigt, um somit ein autoarmes Quartier zu entwickeln und die finanziellen Aufwendungen für die Errichtung von Stellplätzen sowie das Parkraummanagement zu verringern. Durch die Subventionierung der ÖPNV-Tickets können beispielsweise finanzielle Anreize für Mietende geschaffen werden, welche ohne eigenen Pkw eine Wohnung im Quartier beziehen.

Radverkehrsförderung

Der Radverkehr stellt einen wichtigen und wachsenden Anteil am Verkehrsaufkommen in Deutschland dar. Als Teil des Umweltverbundes erhöht er mit seinen positiven Effekten auf die Umwelt, das Klima, den Flächenverbrauch und die Gesundheit der Menschen die Lebensqualität im Quartier. Darüber hinaus wird durch das Zusammenspiel von ÖPNV und Radverkehr der MIV reduziert. Dies setzt jedoch die konsequente Förderung des Radverkehrs und eine infrastrukturelle Verknüpfung von Rad und ÖPNV voraus. Bewohnende müssen sich dazu eingeladen fühlen, mit dem Rad zu fahren, d.h. die Nutzung muss vom Beginn bis zum Ende der Wege attraktiv und sicher sein. Dies erfordert eine Infrastruktur, die von den Nutzenden wahrgenommen wird als: sicher, einfach, direkt, schnell, komfortabel, leistungsfähig, gleichberechtigt und für jedes Alter nutzbar. Um den Radverkehr im Quartier zu fördern gilt es, neben einer komfortablen Radwegeinfrastruktur, öffentlich zugängliche Reparaturangebote und Selbsthilfewerkstätten sowie sichere Abstellanlagen an Wohnort und Haltstellen zu schaffen.

Förderung von Sharing-Systemen

Als vierte Säule des Umweltverbundes – neben ÖPNV, Rad- und Fußverkehr – fördert die Einführung von Sharing-Systemen die flexible und individuelle Mobilität. Durch die Integration von bedarfsgerechten Mobilitätsmaßnahmen, wird ein zukunftsorientiertes Mobilitätsangebot geschaffen, welches einen individuellen Verkehr – ohne eigenen Pkw – ermöglicht und gleichzeitig das bestehende ÖPNV Angebot unterstützt. Hierdurch wird eine verbesserte Anbindung des Quartiers Krampnitz gewährleistet und somit können die anzulegenden Stellflächen im Quartier reduziert werden.

Die folgenden potenziellen Sharing-Angebote können im Quartier etabliert werden:

- → (Quartiers-)Carsharing
- → Bike-, Lastenrad und Pedelecsharing
- → Mofasharing
- → Kickscootersharing

Die verschiedenen Angebote werden unterschiedlichen Funktionen gerecht. Beispielsweise bietet die Integration eines Kickscootersharing-Systems eine Möglichkeit zur Überwindung der letzten Meile, wohingegen Carsharing-Fahrzeuge bevorzugt für Freizeit- und Einkaufswege verwendet werden.

Im weiteren Verlauf des Konzeptes werden Flottengrößen, potenzielle Anbieter und Betreibermodelle aufgezeigt.

Mobilitätsinformationen

Die Verknüpfung der beschriebenen Mobilitätsangebote mit einem stabilen ÖPNV-Angebot ist ein wichtiger Baustein für eine autoarme sowie nachhaltige Abwicklung der zu erwartenden induzierten Fahrten und Wege durch das neue Wohnquartier Krampnitz. Erwartungsgemäß ist das bloße Bereitstellen der Infrastruktur jedoch kein Garant für dessen Nutzung, denn oft sind fehlende Informationen über Zugang und/oder Anwendung der Angebote ein Grund, diese nicht anzunehmen. Daher sind Sichtbarmachung und Förderung der bereitgestellten Mobilitätsangebote im Rahmen eines Mobilitätsmanagements unterstützende Faktoren für deren Auslastung. Ziel des

Mobilitätsmanagements ist es, eventuelle Informationsdefizite und Nutzungshemmnisse durch zielgruppenspezifische Informationen und sogenannte weiche Maßnahmen in den Bereichen Organisation und Koordination abzubauen. Hierbei können beispielsweise die folgenden Maßnahmen Anwendung finden:

- Informationsveranstaltungen für alle Mietenden und Gewerbetreibenden
- Neubürgerpakete und Newsletter
- Imagekampagnen
- Anlaufstelle und Ansprechpartner*in im Quartier
- Abfahrmonitore in zentraler Lage
- Digitale Aushänge und Informationsstellen

Die damit geförderte Sensibilisierung zum Thema (eigene) nachhaltige Mobilität kann dazu beitragen, bereits ausgebildete Mobilitätsroutinen aufzubrechen. Die Maßnahmen sind vor allem bei neu errichteten Wohnquartieren effektiv, da die künftigen Bewohnende für ihre täglichen Wege noch keine Routinen ausgebildet haben.

Zwischenfazit

Der Einsatz unterschiedlicher Mobilitätsangebote in dem Wohnquartier kann eine stellplatzreduzierende bzw. -substituierende Wirkung haben und ist daher für die Realisierung des Stellplatzschlüssels von 0,5 in der Planung zu berücksichtigen. Die unter 4.1.1 vorgestellten Maßnahmen mit ihrem Potential zur Stellplatzreduktion (prozentuale Angaben) stammen dabei hauptsächlich aus der Musterstellplatzsatzung NRW und dienen als wichtiger Anhaltspunkt für das Mobilitätskonzept. Neben der ÖPNV-Anbindung, die bei einer sehr guten Erschließung die Anzahl notwendiger Pkw-Stellplätze um bis zu 70 % absenken kann, sind auch Maßnahmen der Parkraumbewirtschaftung und ÖPNV-Vergünstigungen wie bspw. Mietertickets für die Realisierung eines gewünschten Stellplatzschlüssels geeignet. Nachfolgende Tabelle schafft abschließend einen Überblick über alle vorgestellten Maßnahmen und deren Potentiale zur Stellplatzreduktion.

Tabelle 27: Mögliche Maßnahmen zur Verringerung der Kfz-Verkehrs, in Anlehnung an: Zukunftsnetzwerk NRW – Kommunale Stellplatzsatzung, Leitfaden zur Musterstellplatzsatzung NRW [24]

Maßnahme zur Verringerung des Kfz-Verkehrs	Verringerung der Anzahl der notwendigen Pkw-Stellplätze
ÖPNV-Erschließung abhängig von Verkehrsmitteln und Taktzeiten → Gute ÖPNV-Erschließung: 15-Minuten Takt, max. 300 m Entfernung der Haltestelle	sehr gute ÖPNV-Erschließung 30-70 % gute ÖPNV-Erschließung 20-40 % einfache ÖPNV-Erschließung 10-30 %
Mobilitätsinformationen Mobilitätsinformationen für Neunutzer der Bebauung, Abfahrtsmonitore in zentraler Lage, Beratungsdienstleister für Mobilität vor Ort	bis zu 5 %
Parkraumbewirtschaftung Berechtigungen zur Nutzung der Stellplatze werden zu Kosten von mindestens 20 € je Monat bei nicht überdachten und mindestens 40	5 bis 10 %

€ je Monat bei überdachten Stellplatzen ausgegeben. Tagesparkberechtigungen zu Kosten von mindestens 1/20 der Kosten für Monatsparkberechtigungen sind möglich. Kostenfreies Parken ist bis zu einer Dauer von drei Stunden möglich.	
ÖPNV-Vergünstigung JobTicket, SemesterTicket, QuartiersTicket	5 bis 20 %
Fahrgemeinschaftsförderung Nur für Nutzungen mit mehr als 50 Beschäftigten: Die Beschäftigten werden regelmäßig zur Bildung von Fahrgemeinschaften motiviert und dabei – beispielsweise durch Vermittlung geeigneter Fahrgemeinschaftspartner – aktiv unterstützt. Die Stellplätze in geringster Entfernung zum Gebäudeeingang werden als Fahrgemeinschaftsparkplätze ausgewiesen.	1 % je 2 % Anteil der ausgewiesenen Fahrgemeinschaftsparkplätze an der Gesamtanzahl der notwendigen Stellplätze
Förderung Carsharing Vorhalten einer Carsharing-Station oder Angebot einer Plattform für Car-Pooling	bis zu 10 %
Radverkehrsförderung Verleih von Spezialrädern und Anhängern, Reparaturangebote, …	bis zu 5 %
Förderung Fahrradvermietsystem Vorhalten einer Fahrradvermietstation auf Baugrundstück, Vergünstigung für Bewohnende / Nutzende	bis zu 5 %

4.1.2 Bedarfsanalyse – Ermittlung des Portfolios an Mobilitätsangeboten

Für eine Abschätzung des Mobilitätsbedarfs und dessen Teilabdeckung über Sharing-Systeme bedarf es einer dezidierten Analyse des prognostizierten Mobilitätsverhaltens und -bedarfes der zukünftigen Quartiersbewohner. Hierbei wird von bereits existierenden Daten ausgegangen. Eine wesentliche Größe, welche das Verkehrsmittelwahlverhalten der Bevölkerung darstellt, ist der Modal Split. Mit welchem Verkehrsmittel der tägliche Weg zurückgelegt wird, hängt von vielen kontextuellen Bedingungen wie dem Zweck eines Weges, der persönlichen Präferenz (Mobilitätstyp) oder auch der räumlichen Umgebung ab. So ist beispielsweise der Anteil des MIV in peripheren Räumen weitaus höher als in städtischen Räumen. Diese Daten haben jedoch den Nachteil, dass sie zwar den Status Quo abbilden, sich die gewonnenen Erkenntnisse jedoch nur begrenzt auf die Planung zukünftiger Stadtquartiere übertragen lassen. Dies lässt sich vor allem mit der Dimension, städtebaulichen Gestalt, potenziellen Bewohnerschaft und Prämisse eines MIV-reduzierten Quartiers begründen, in der sich Potsdam Krampnitz von seinem Umfeld abheben und differenzieren wird. Anders ausgedrückt liegen keine Bestandsdaten zum Mobilitätsverhalten des Quartiers Krampnitz vor, da es sich um ein Neubauquartier handelt.

Für eine Abschätzung des Mobilitätsbedarfes für neue Sharing-Angebote ist weiterhin bedeutsam, dass aufgrund der Neuartigkeit noch keine belastbaren Untersuchungen bzw. Studien existieren, welche gezielt den Modal Shift bzw. die Veränderung des Mobilitätsverhaltens aufgrund der Einführung neuer Mobilitätsangebote wie beispielsweise Carsharing beleuchten. Existierende Untersuchungen können lediglich als Indikation mit einer geringen Übertragbarkeit aufgrund projektspezifischer sowie räumlicher Gegebenheiten verstanden werden. Um diese zwei wesentlichen Herausforderungen zu bewältigen und dennoch eine Abschätzung über den Mobilitätsbedarf vornehmen zu können, wurde folgendes Vorgehen gewählt.

Abbildung 39: Vorgehen zur Flottendimensionierung

Modal Split im Status Quo

Die Grundlagenanalyse wurde bereits im Kapitel 1 durchgeführt. Das Kapitel 1.1 zeigt den Modal Split der Stadt Potsdam sowie den Modal Split „Neue Mobilität Krampnitz", welcher durch das Verkehrsplanungsbüro SHP im Verkehrsgutachten prognostiziert wurde. Die aufgezeigten Modal Splits enthalten keine Sharing-Anteile. Vor diesem Hintergrund werden im weiteren Verlauf der Studie Modal Splits für das Quartier simuliert.

Simulation des Modal Splits

Anwendungsfälle

Grundlage für das Mobilitätssystem und die Flottengröße sind die Anforderungen der Nutzenden des Quartiers (Bewohnende, Besuchende, Gewerbetreibende) an ein Mobilitätsangebot. Diese Anforderungen setzen sich aus den Mobilitätsbedürfnissen und -ansprüchen zusammen, welche die zukünftigen Bewohner mitbringen und an das Quartier richten. Mithilfe dieser Anforderungen lassen sich Anwendungsfälle generieren, welche die Grundlage der Dimensionierung der Sharing-Flotte bilden. Für das vorliegende Konzept wurden vier spezifische Variablen berücksichtigt, die Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl haben können: 1) Verhaltenshomogenen Gruppen, 2) Mobilitätstypen, 3) Wegezweck, 4) Wegelänge.

Der in Abbildung 40 aufgezeigte Anwendungsfall beschreibt beispielhaft, wie ein traditionell autoaffiner Berufstätiger mit verfügbarem Pkw seinen Arbeitsweg zurücklegt, wobei sich sein Arbeitsplatz in einer Entfernung zwischen null und 0,5 km befindet. Ein weiterer Anwendungsfall würde sich ergeben, wenn der Arbeitsplatz in einer größeren Distanz liegt oder das Verhalten der Person dem Mobilitätstyp „urban orientierte ÖV-Affine" entspricht. So lassen sich eine Vielzahl von Anwendungsfällen generieren, auf die im nachfolgenden Fall nicht explizit eingegangen wird, welche jedoch in der Bedarfsermittlung berücksichtigt werden.

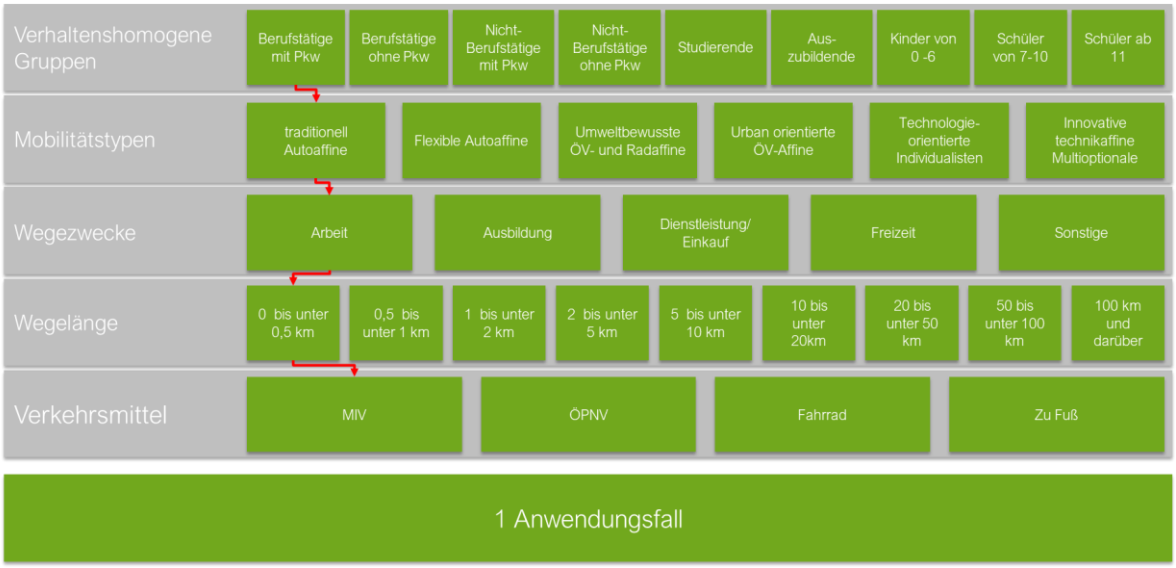


Abbildung 40: Anwendungsfall für die Bestimmung des klassischen Modal-Splits (ÖPNV, Fuß, Rad, MIV)

Ausgehend von dem vorgestellten Konstrukt des Anwendungsfalles werden die Bedarfe und Flottengrößen für die Sharing-Angebote abgeleitet. Als Ausgangsbasis für die spätere Abschätzung werden aktuelle und grundlegende Mobilitätsdaten für die vier Variablen herangezogen, woraus sich grundlegende Nutzeranforderungen ableiten lassen. Da der Anwendungsfall bisher nur die klassischen Verkehrsträger berücksichtigt, wurden bei den Mobilitätstypen, Wegezwecken und den Distanzen Überlegungen hinsichtlich der Nutzungswahrscheinlichkeit der Sharing-Angebote getroffen, welche im Quartier Krampnitz angedacht sind. Die Nutzungswahrscheinlichkeit stellt das Verkehrsverlagerungspotential dar.

Bevölkerungszusammensetzung & Verhaltenshomogene Gruppen

Informationen und Daten zu obig genannten, für das Verkehrsmittelwahlverhalten entscheidenden Variablen, werden immer auch altersspezifisch aufbereitet. Mit Hilfe der Altersstruktur können Rückschlüsse auf die Mobilitätstypenzusammensetzung im Quartier gezogen werden. Die Tabelle 28 veranschaulicht die Altersstruktur des Landes Brandenburg, welche für die weiteren Berechnungen angesetzt wurde.

Tabelle 28: Altersstrukturen Brandenburg [25]

Altersgruppe	Brandenburg
0 bis 6 Jahre	6%
7 bis 10 Jahre	3%
11 bis 13 Jahre	2%
14 bis 17 Jahre	4%
18 bis 29 Jahre	10%
30 bis 39 Jahre	12%
40 bis 49 Jahre	13%
50 bis 59 Jahre	18%
60 bis 64 Jahre	8%
65 bis 74 Jahre	11%
75-79 Jahre	7%
80 Jahre und älter	5%

Verhaltenshomogene Gruppen

Die Analyse der Bevölkerungszusammensetzung erfolgt unter anderem auf Grundlage verhaltenshomogener Gruppen: „Verhaltenshomogene Gruppen können auf der Basis von sozialen Merkmalen, wie Alter, Geschlecht, Führerscheinbesitz, Stellung im Erwerbsprozess u. a. gebildet werden. Darunter wird die Aufteilung von Personen in Gruppen verstanden, wobei sich das Verhalten der Personen innerhalb einer Gruppe kaum, dass zu anderen Gruppen allerdings erheblich unterscheidet" [26]. In diesem Kontext bezieht sich die Verhaltenshomogenität auf das Mobilitätsverhalten. Diese Kategorisierung findet unter anderem Anwendung in der Studie „Mobilität in Deutschland" [27]. Über den Abgleich der Altersstruktur der verhaltenshomogenen Gruppen für Brandenburg lässt sich eine Bevölkerungszusammensetzung verhaltenshomogener Gruppen abbilden (vgl. Tabelle 29). Entsprechende Unterschiede in der Bevölkerungszusammensetzung sind als Rahmenparameter für folgende Analysen zu verstehen und werden in Kalkulationen berücksichtigt. Entsprechend der Verteilung der verhaltenshomogenen Gruppen können jeweilige Modal Splits gewichtet in die Modellierung einfließen.

Tabelle 29: Verhaltenshomogene Gruppen in Brandenburg [28]

Verhaltenshomogene Gruppe	Brandenburg
Berufstätige mit verfügbarem Pkw	41%
Berufstätige ohne verfügbaren Pkw	6%
Nicht-Berufstätige mit verfügbarem Pkw	24%
Nicht-Berufstätige ohne Verfügbaren Pkw	9%
Studierende	1%
Auszubildende	2%
Kinder von 0 bis 6 Jahren	6%
Schüler von 7 bis 10 Jahren	3%
Schüler ab 11 Jahren	7%

Mobilitätstypen

Neben den verhaltenshomogenen Gruppen ist eine quartiersspezifische Mobilitätstypen-zusammensetzung ein wichtiger Parameter zur Modellierung eines Modal Split. Bei Mobilitätstypen handelt es sich um eine Kategorisierung von Personengruppen, die sich durch ein bestimmtes Mobilitätsverhalten auszeichnen. Sie beruhen auf einer Studie des InnoZ aus dem Jahr 2015 und setzen sich aus traditionell Autoaffinen, flexibel Autoaffinen, umweltbewussten Rad- und ÖV-Affinen, urban orientieren ÖV-Affinen, technologieorientieren Individuellen und innovativen technikaffinen Multioptionalen zusammen [29]. Die verschiedenen Mobilitätstypen sind unterschiedlich affin für

verschiedene Sharing-Systeme und -modi. So ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein traditionell autoaffiner Mensch ein Sharing-System nutzt prinzipiell eher gering. Sollte es allerdings trotz dieser Unwahrscheinlichkeit zur Nutzung eines Sharing-Fahrzeuges kommen, so wird es sich dabei höchstwahrscheinlich um ein Carsharing-Fahrzeug handeln. Ein technikaffiner multioptionaler Mensch hingegen ist deutlich affiner für Sharing, die Nutzung eines geteilten Autos ist hingegen deutlich unwahrscheinlicher als bei traditionell Autoaffinen. Das begründet sich in der MIV-Affinität der jeweiligen Mobilitätstypen.

Tabelle 30: Vergleich der Mobilitätstypenzusammensetzung

Mobilitätstyp	Anteil [%]
Traditionell Autoaffine	16%
Flexibel Autoaffine	19%
Umweltbewusste Rad- und ÖV-Affine	17%
Urban orientierte ÖV-Affine	9%
Technologieorientierte Individualisten	24%
Innovative Multioptionale	15%

In der nachfolgenden Tabelle (vgl. Tabelle 31) werden die angenommenen Nutzungswahrscheinlichkeiten für Car-, Bike-, E-Kickscooter- und E-Mofasharing dargestellt. Es handelt sich dabei um eine eigenständig vorgenommene qualitative Abschätzung auf Basis der Mobilitätstypenstudie, welche für jeden Mobilitätstyp Charakteristika hinterlegt.

Tabelle 31: Nutzungswahrscheinlichkeit ausgewählter Sharingangebote nach Mobilitätstyp

	Carsharing	Bikesharing	E-Kickscooter-sharing	E-Mofasharing
Traditionell Autoaffine				
Flexibel Autoaffine				
Umweltbewusste Rad- und ÖV-Affine				
Urban orientierte ÖV-Affine				
Technologieorientierte Individualisten				
Innovative Multioptionale				

Wegezwecke

Die Altersstruktur findet auch Einzug in die relative Verteilung der Wegezwecke. Die Wegezwecke beschreiben, wie viele der pro Tag und pro Person zurückgelegten Wege mit einem bestimmten Zweck zurückgelegt werden. Wegezwecke werden in fünf Kategorien zusammengefasst.

- Arbeitswege
- Wege im Kontext Ausbildung, Schule & Kita
- Freizeitwege
- Dienstleistungswege
- Sonstige Wege

Da es sich bei der Quartiersentwicklung Krampnitz unter anderem um einen Wohnstandort handelt, werden alle Wegezwecke in der Bedarfsanalyse berücksichtigt. Insgesamt ist davon auszugehen, dass bei einer Anzahl von 4.900 Wohneinheiten ca. 10.290 Personen im Quartier Krampnitz ansässig sein werden. Bei einem täglichen Wegeaufkommen von 2,8 Wegen pro Person ist also mit insgesamt ca. 28.812 Wegen pro Tag zu rechnen. Diese Wege entfallen zu spezifischen Anteilen auf die angeführten Wegezwecke [28] (vgl. Abbildung 41)

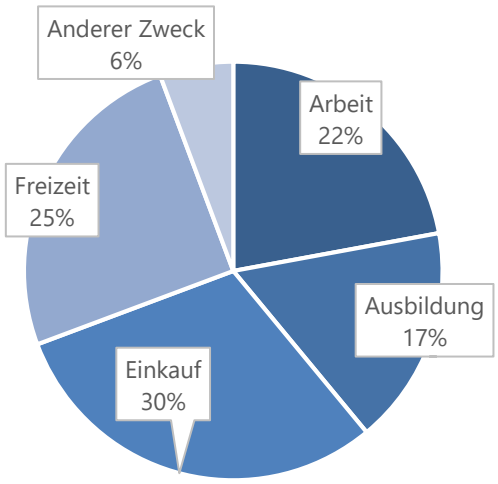


Abbildung 41: Verteilung der Wegezweck
(Quelle: SrV 2018)

Grundannahme für die darauf beruhende Flottendimensionierung ist die Prämisse, dass sich bestimmte Sharingmodi für bestimmte Wegezwecke eignen und für andere Wegezwecke wiederum ungeeignet sind. Entscheidend ist dabei die zeitliche Betrachtung der Verrichtung des jeweiligen Wegezwecks und die damit einhergehende Buchungsdauer, die sich je nach Sharing-System unterschiedlich zusammensetzt. Bei stationsbasierten Systemen setzt sich die Buchungsdauer aus Fahrt- und Park- beziehungsweise Standzeit zusammen, bei free floating Systemen beschränkt sich die Buchungsdauer auf die Fahrtzeit. Stationsbasierte Sharingmodi stehen in der Regel in einem A-to-A -Verhältnis zu ihrer Station, werden also an Station A entliehen und müssen auch dort wieder zurückgegeben werden. So

eignet sich beispielsweise ein stationsbasiertes Carsharing in besonderem Maße für die Wegezecke *Freizeit* sowie *Dienstleistung*, da diese Wegezwecke eine zeitnahe Rückfahrt zum Ausgangsort und damit eine zeitlich kurzfristig begrenzte Parkzeit außerhalb des Quartiers, beispielsweise beim Einkauf, implizieren. Free Floating Sharing-Systeme eignen sich für Wegezwecke, die eine hohe Zweckverrichtungsdauer und damit eine hohe Parkzeit implizieren. Daher ist die Nutzung eines stationsbasierten Systems unwahrscheinlich, weil bei diesen auch für die Parkzeit eine Gebühr entrichtet werden muss. Bei Fahrten der Wegezwecke *Arbeit* und *Ausbildung, Schule & Kita* überschreitet die Buchungsdauer einen kurzfristigen Zeithorizont deutlich. Im Zweifel wird das Fahrzeug beispielsweise am Arbeitsort der Nutzer abgestellt und steht somit vorerst nicht mehr zur Verfügung, mit einer kurzfristigen Rückführung ist also nicht zu rechnen. Aus diesem Grund sind stationsbasierte Sharing-Fahrzeuge für diese Wegezwecke ungeeignet. Free floating basierte Sharingmodi bilden diese Wegezwecke deutlich besser ab. Innerhalb eines bestimmten Geschäftsgebietes kann das Fahrzeug überall entliehen und zurückgegeben werden. Im Kontext vom Quartier Krampnitz bedeutet das, dass Bewohnende gegebenenfalls mit einem free floating Fahrzeug beispielsweise den Arbeitsweg antreten können. Die Buchungsdauer beschränkt sich damit auf die Fahrtdauer.

Es darf allerdings nicht unerwähnt bleiben, dass das Fahrzeug gegebenenfalls während der Standzeit von anderen Nutzern (ohne Bezug zum Quartier) in Anspruch genommen werden kann, sofern es sich um ein Fahrzeug eines öffentlichen Sharingnetzes handelt. Das Angebot von free floating Fahrzeugen fördert somit ein multi- und intermodales Verkehrsverhalten, welches sich aus ÖPNV-, Car- und Bikesharingsystemen zusammensetzt.

In der nachfolgenden Tabelle (vgl. Tabelle 32) werden die qualitativ angenommenen Nutzungswahrscheinlichkeiten für die Sharing-Angebote zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 32: Nutzungswahrscheinlichkeit ausgewählter Sharing-Angebote nach Wegezweck

	Carsharing	Bikesharing	E-Kickscooter-sharing	E-Mofasharing
Arbeit				
Ausbildung				
Einkauf				
Freizeit				

Nutzungswahrscheinlichkeit:	Niedrig	Mittel	Hoch

Ein weiteres entscheidendes Kriterium für die Modellierung des Verkehrsmittelwahlverhalten ist die Länge der Strecke, die zurückgelegt werden muss. Bei Fahrten kurzer Distanz ist die Wahrscheinlichkeit,

dass ein Weg zu Fuß zurückgelegt wird höher als die Wahrscheinlichkeit, dass ein Pkw zum Einsatz kommt und vice versa (vgl. Tabelle 33)

Tabelle 33: Nutzungswahrscheinlichkeit der Verkehrsmittel in Abhängigkeit der Distanz

Distanz in km	MIV	Car-sharing	Bike-sharing	E-Kick-scooter-sharing	E-Mofa-sharing	Fahrrad	ÖPNV	Fuß
Unter 0,5								
0,5 bis unter 1								
1 bis unter 2								
2 bis unter 5								
5 bis unter 10								
10 bis unter 20								
20 bis unter 50								
50 bis unter 100								
100 und mehr								

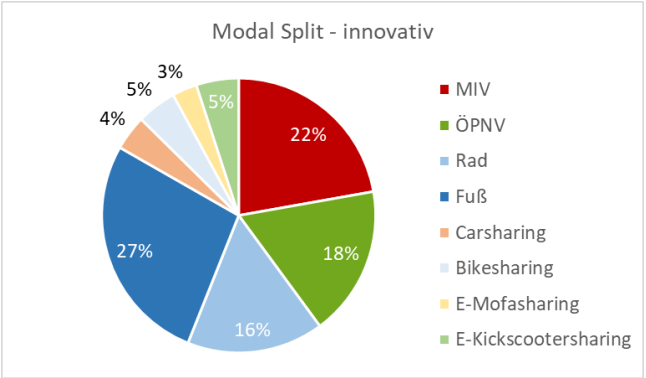
Nutzungs-wahrscheinlichkeit:	Keine Nutzung	Niedrig	Mittel	Hoch

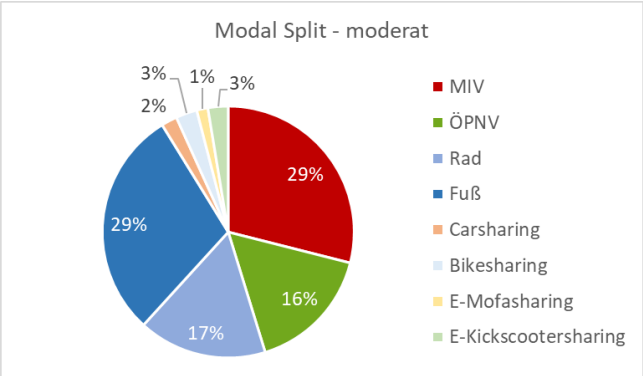
Ist der Anteil an kurzen Wegstrecken an den Gesamtwegen groß, verändert sich der Modal Split zugunsten der Verkehrsträger, die für kurze Strecken in Frage kommen. Die Verteilung der Distanzen ist dabei abhängig von Lage und Infrastruktur des Quartiers.

Bedarfsabschätzung – Modal Split

Auf Grundlage der konstruierten Anwendungsfälle sowie der Vorüberlegungen kann mit Hilfe einer Monte-Carlo-Simulation der Modal Split errechnet werden. Dies geschieht, indem die Anwendungsfallkombinationen bis zu 10.000-mal zufallsbasiert innerhalb der Szenariogrenzen ausgeführt werden. Man erhält dementsprechend 10.000 Modal Splits von denen der Modus, d.h. der am häufigsten vorkommende Modal Split, als repräsentativer Fall für die weitere Flottendimensionierung ausgewählt wird. Als quantitative Eingangsparameter dienen sowohl die hervorgehenden Variablen (Verhaltenshomogene Gruppen, Mobilitätstypen, Wegezweck und Wegelänge) als auch Quartierskennwerte, statistische Verkehrs- und Mobilitätsdaten und Studienergebnisse zu Präferenzen der Verkehrsmittelwahl.

Die Prognose der Modal Splits erfolgt für die drei Szenarien innovativ, moderat und konservativ.





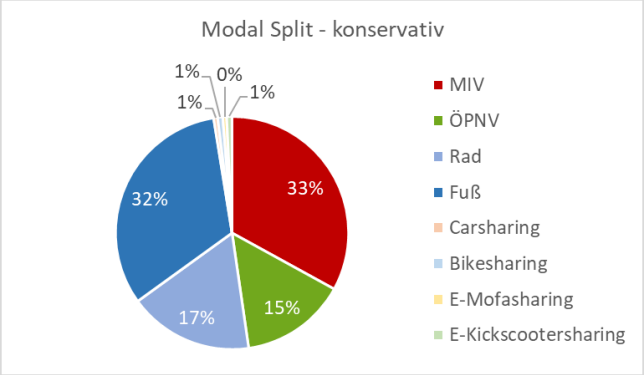


Abbildung 42: Prognose der Modal Splits in drei Szenarien im Quartier Krampnitz

Die prognostizierten Modal Splits für die Quartiersentwicklung Potsdam Krampnitz zeigen in allen drei Szenarien einen hohen Anteil im Rad- und Fußverkehr auf. Diese Anteile decken sich mit dem Modal Split des Verkehrsgutachtens, welches von SHP erstellt worden ist (siehe Modal Split SHP). Durch eine Etablierung von Sharing-Systemen werden die klassischen Verkehrsträger teilweise kannibalisiert. Dies führt insbesondere zu einer Verringerung des MIV. Darüber hinaus wird durch die Einführung der Sharing-Angebote die Anschlussmobilität verbessert und der Verzicht auf einen privaten Pkw bzw. auf den Zweitwagen erleichtert. Hierdurch kann der Anteil des ÖPNV am Modal Split gesteigert werden. Dies ist jedoch maßgeblich abhängig von der Angebotsqualität. Im Zuge der Tramerschließung kann der Modal-Split-Anteil des ÖPNV weiter erhöht werden.

Flottendimensionierung

Basierend auf dem Verkehrsaufkommen, dem Modal Split sowie den Wegezwecken und deren Tagesganglinie lassen sich Flottengrößen ableiten. Entscheidend ist die Zuweisung von Wegezwecken auf bestimmte Sharingmodi.

Grundlegend werden Wegezwecke in fünf Kategorien zusammengefasst.

- Arbeitswege
- Wege im Kontext Ausbildung, Schule & Kita

- Freizeitwege
- Dienstleistungswege
- Sonstige Wege

Grundannahme für die darauf beruhende Flottendimensionierung ist die Prämisse, dass sich bestimmte Sharingmodi für bestimmte Wegezwecke eignen und für andere Wegezwecke wiederum ungeeignet sind. Entscheidend ist dabei die zeitliche Betrachtung der Verrichtung des jeweiligen Wegezwecks und die damit einhergehende Buchungsdauer, die sich je nach Sharing-System unterschiedlich zusammensetzt. Bei stationsbasierten Systemen setzt sich die Buchungsdauer aus Fahrt- und Park- bzw. Standzeit zusammen, bei freefloating Systemen beschränkt sich die Buchungsdauer auf die Fahrtzeit. Stationsbasierte Sharingmodi stehen in der Regel in einem A-to-A -Verhältnis zu ihrer Station, werden also an Station A entliehen und müssen auch dort wieder zurückgegeben werden. So eignet sich beispielsweise ein stationsbasiertes Carsharing in besonderem Maße für Freizeit- sowie Dienstleistungswege, da diese Wegezwecke in der Regel eine zeitnahe Rückfahrt zum Ausgangsort und damit eine begrenzte Parkzeit außerhalb des Quartiers, beispielsweise beim Einkauf, implizieren. Bei Fahrten der Wegezwecke Arbeit und Ausbildung, Schule & Kita überschreitet die Buchungsdauer einen kurzfristigen Zeithorizont deutlich. Durch die hohen Gebühren, welche unter anderen durch die langen Parkzeiten entstehen, ist eine Nutzung der stationsbasierten Sharing-Systeme für diese Wegezwecke eher unwahrscheinlich.

In einem freefloating basierten Sharing-System kann das Fahrzeug innerhalb eines bestimmten Geschäftsgebietes überall entliehen und zurückgegeben werden. Hierdurch können die Wegezwecke Arbeit sowie Ausbildung, Schule und Kita, welche eine hohe Zweckverrichtungsdauer und damit eine hohe Parkzeit implizieren, besser abgebildet werden.

Im Kontext eines Wohnquartieres sind stationsbasierte Sharing-Systeme weitaus zielführender als freefloating-Systeme. Stationsbasierte Systeme implizieren, dass das Fahrzeug zurückgeführt werden muss und damit häufiger zur Abdeckung von Wegen zur Verfügung steht als Fahrzeuge, die auf einem freefloating-System basieren. Nach Ausfahrt aus dem Quartier ist es wahrscheinlich, dass ein freefloating-Fahrzeug nicht zurückgeführt wird und dementsprechend nicht mehr zur Verfügung steht, bis es durch Zufall, durch Nutzende mit Quartiersbezug oder seitens des Betreibenden zurückgeführt wird.

Weil den stationsbasierten Sharing-Systemen aufgrund dieser Argumente ein höherer Wert beizumessen ist, wurden für Car-, Bike- und Mofasharing ausschließlich stationsbasierte Systeme und dementsprechend die Tagesganglinie (siehe Abbildung 43) der Wegezwecke Freizeit & Dienstleistung berücksichtigt. Kickscooter werden insbesondere für die Überbrückung der letzten Meile sowie für Freizeitwege verwendet. Vor diesem Hintergrund wird in der Bedarfsanalyse ein freefloating-System und die dementsprechenden Tagesganglinien für die Wegezwecke Arbeit, Ausbildung und Freizeit berücksichtigt (siehe Tabelle 34).

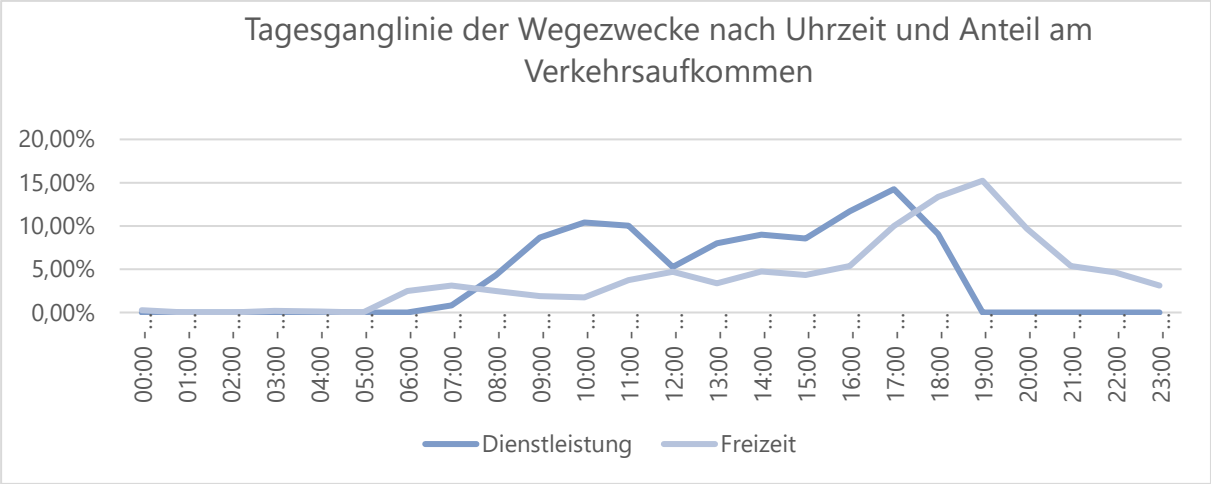


Abbildung 43: Tagesganglinien der Wegezwecke Dienstleistung & Freizeit nach Vogt 2006

Tabelle 34: Übersicht der Wegezwecke und in der Flottendimensionierung berücksichtigten Sharingmodi und Sharing-Systeme

	Carsharing (stationsbasiert)		Bikesharing (stationsbasiert)		E-Mofasharing (stationsbasiert)		E-Kick-scootersharing (freefloating)	
	QV	ZV	QV	ZV	QV	ZV	QV	ZV
Arbeit	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Ausbildung	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
Dienstleistung	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Freizeit	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Sonstige	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)

Auf Grundlage der Zuweisung von Wegezwecken zu bestimmten Sharing-Systemen und annahmebasierten Buchungsdauern kann mittels Tagesganglinie die Flotte der jeweiligen Modi dimensioniert werden. Mit den einzelnen Sharing-Systemen wird ein bestimmter Anteil an Wegen zurückgelegt, welcher sich aus der Anzahl der Gesamtwege und dem modellierten Modal Split eines jeden Cases der Szenarioanalyse ergibt. Die Ergebnisse werden für die drei definierten Szenarien in der folgenden Abbildung dargestellt.

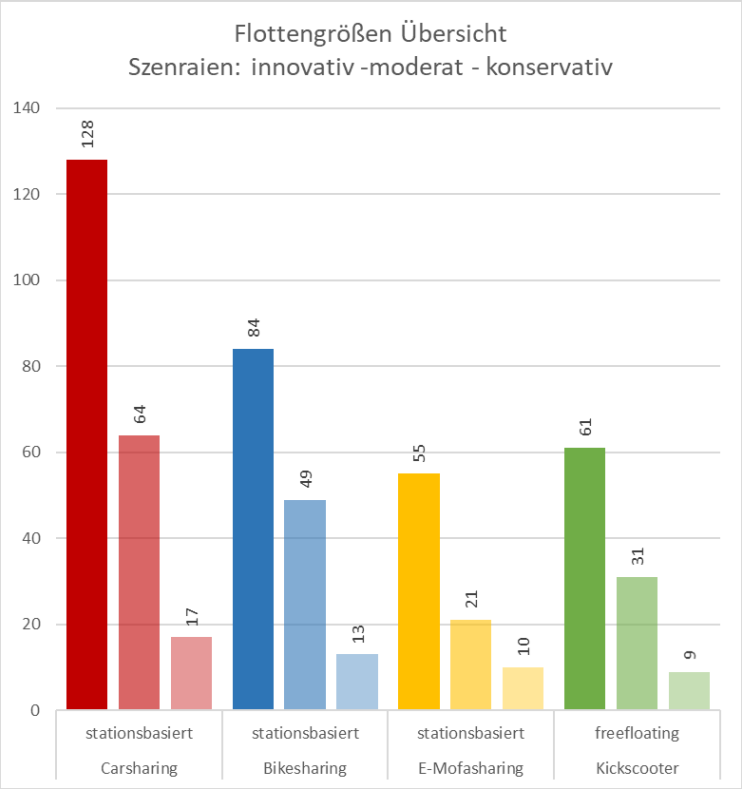


Abbildung 44: Flottengrößen aus der Bedarfsanalyse

Bei der Bedarfsanalyse zur Auslegung der Flotten handelt es sich um ein mathematisches Vorgehen. Die errechneten Flottenbedarfe sind eine Indikation für die Dimensionierung der Sharing-Systeme im Quartier. Um eine Überdimensionierung zu vermeiden, ist es zielführend die Flotten sukzessive und bedarfsabhängig zu erweitern. Gleichzeitig sollte ein wahrnehmbares Angebot in den Quartiersgaragen und an den Mobilitätspunkten (bspw. Bikesharingstation) geschaffen werden, welches mindestens 3 Fahrzeuge je Standort aufweist. Die Fahrzeugflotte sollte unterschiedliche Fahrzeugklassen umfassen, um den verschiedenen Anforderungen des Alltags gerecht zu werden und eine bedarfsgerechte Nutzung der Flotte zu ermöglichen. Dabei empfiehlt es sich zum Beispiel Lastenräder oder auch Transporter in die Sharing-Flotten einzubinden.

Wie bereits aufgezeigt ist die Etablierung von Sharing-Flotten ein wichtiger Bestandteil für die erfolgreiche Umsetzung eines autoarmen Quartieres. Um den angestrebten Stellplatzschlüssel von 0,5 Pkw pro Wohneinheit zu realisieren sollten jedoch weitere Mobilitätsmaßnahmen im Quartier berücksichtigt werden. Auf Grundlage der aufgezeigten Mobilitätsmaßnahmen stellt das nachfolgende Kapitel die Realisierbarkeit des vorgegebenen Stellplatzschlüssels heraus.

4.1.3 Anwendung des Stellplatzäquivalenzmodells

Für eine nachhaltige und autoarme Ausgestaltung des Quartiers bedarfs es einer Implementierung von Mobilitätsmaßnahmen und alternativen Angeboten. Auf der Grundlage der aufgezeigten Maßnahmen kann der Stellplatzschlüssel erfolgreich reduziert werden, ohne die Mobilität der Bewohnende und Gewerbetreibenden einzuschränken. Die vorangestellten Ausführungen zeigen Mobilitätsmaßnahmen auf, welche zur Erhöhung der Mobilität der Nutzenden im Quartier führen und somit eine Substitution der Stellplätze zulassen.

Um einen Vergleichswert zu generieren stellt die Tabelle 35 auf Grundlage der erarbeiteten Ergebnisse einen durch Einsatz der Mobilitätsmaßnahmen theoretisch erreichbaren Stellplatzschlüssel dar. Hierdurch wird aufgezeigt, dass eine Realisierung des angestrebten Stellplatzschlüssels von 0,5 Pkw pro Wohneinheit in der Quartiersentwicklung Potsdam Krampnitz abgebildet werden kann.

Die Ausführungen zum theoretischen Stellplatzschlüssel werden in den drei Szenarien konservativ, moderat sowie innovativ dargestellt. Bei einer innovativen Entwicklung der Angebote und einer Bewohnerschaft, welche diese gern annimmt, kann somit ein theoretischer Stellplatzschlüssel von 0,95 realisiert werden.

Tabelle 35: Stellplatzschlüsselnachweis - Theoretisch geschaffene Anzahl an Stellplätzen durch die Integration von Mobilitätsangeboten

	innovativ			moderat			konservativ		
	Reduktionspotenzial	Theoretisch geschaffene Anzahl der Stellplätze		Reduktionspotenzial	Theoretisch geschaffene Anzahl der Stellplätze		Reduktionspotenzial	Theoretisch geschaffene Anzahl der Stellplätze	
Ausgangssituation		**2.450**			**2.450**			**2.450**	
Carsharing	1:7 Fzg	588		1:6 Fzg	252		1:5 Fzg	55	
Bikesharing	1:2 Fzg	168		1:1 Fzg	49		0 Fzg	0	
E-Mofasharing	1:3 Fzg	117		1:2 Fzg	26		1:1 Fzg	7	
Gesamt/ Stellplatzschlüssel		**3323**	**0,68**		**2777**	**0,57**		**2512**	**0,51**
ÖPNV-Anbindung	40%	980		30%	735		20%	490	
Gesamt/ Stellplatzschlüssel		**4303**	**0,88**		**3512**	**0,72**		**3002**	**0,61**
Parkraumbewirtschaftung	10%	245		7,5%	184		5%	123	
Gesamt/ Stellplatzschlüssel		**4548**	**0,93**		**3696**	**0,75**		**3125**	**0,64**
Mobilitätsinformationen	5%	123		2,5%	61		1%	25	
Gesamt/ Stellplatzschlüssel		**4671**	**0,95**		**3757**	**0,77**		**3149**	**0,64**

4.1.4 Darstellung geeigneter Carsharing- und Bikesharing-Anbieter und -Modelle

Verfügbarkeit von Sharing-Angeboten in Potsdam

In den letzten Jahren hat sich der Sharingmarkt stark entwickelt. Insgesamt gibt es in Deutschland mittlerweile über 226 Carsharinganbieter bei denen mehr als 2,29 Millionen Kunden registriert sind (Stand Anfang 2020). In der Landeshauptstadt Potsdam ist die Verfügbarkeit von Sharingfahrzeugen zum momentanen Zeitpunkt eher gering. Neben Nextbike und Tier, welche Fahrräder bzw. Scooter im Sharingmodus anbieten, gibt es derzeit nur 2 Carsharinganbieter (siehe Abbildung 45). Neben Car- und Bikesharing-Angeboten gibt es in Potsdam noch weitere Mobilitätsangebote, welche im Mobilitätsradar (siehe Abbildung 45) aufgeführt sind.

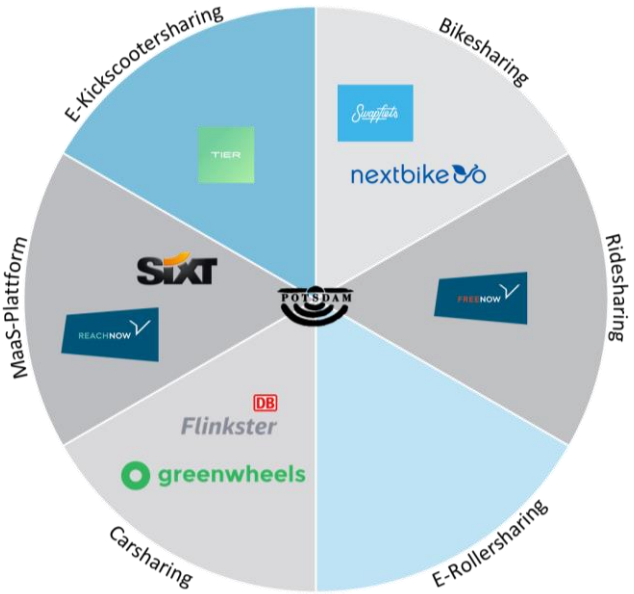


Abbildung 45: Übersicht der in Potsdam aktiven Mobilitätsanbieter; Stand 10/2020

Die Bestandsaufnahme aus Kapitel 1 Entwicklung eines Elektromobilitätsszenarios für Krampnitz und die Stadt Potsdam zeigt die Stationen der bereits in Potsdam angesiedelten Car- und Bikesharing-Angebote. Unter den sechs verfügbaren Carsharing-Stationen in Potsdam, sind fünf vom Anbieter Greenwheels und eine Station von Flinkster. Weiterhin gibt es 35 Bikesharing-Standorte in Potsdam und zwölf weitere Standorte in der näheren Umgebung, die unter dem Namen „PotsdamRad" von nextbike angeboten werden. Neben Car- und Bikesharing-Angeboten gibt es in Potsdam noch weitere Sharing-Anbieter, die in dem Mobilitätsradar (siehe Abbildung 45) aufgeführt sind.

Quartierscarsharing in Potsdam Krampnitz

Sowohl den Mietenden des Quartiers als auch den angesiedelten Gewerbetreibenden könnten in Potsdam Krampnitz Sharing-Angebote zur Verfügung gestellt werden. Insbesondere in Wohnquartieren empfiehlt sich, auf Grund der besseren Planbarkeit und einer gegebenen Rückführung der Fahrzeuge,

die Etablierung von stationären Angeboten. Darüber hinaus ist es vor dem Hintergrund der peripheren Lage des Quartiers und des geringen Sharing-Angebotes in Potsdam eher unwahrscheinlich, dass Potsdam Krampnitz in den nächsten Jahren ins Bediengebiet eines freefloating Anbieters integriert wird. Die folgende Tabelle zeigt potenzielle Quartierscarsharinganbieter auf und gibt Beispiele für stationsbasierte E-Carsharing-Angebote in Quartieren.

Tabelle 36: Potenzielle Mobilitätsanbieter für die Quartiersentwicklung in Krampnitz

Anbieter	Beispiel-Quartier	Carsharing-Form	Fahrzeugtyp
mobileee	„SpreeAuto" in Berliner Gewobag-Quartieren	Stationsbasiert	Elektrofahrzeuge
stadtmobil	Kiezflitzer in Berliner Vierteln	Free-Floating innerhalb des Quartiers / Kiez	Verbrenner - & Hybridfahrzeuge
cambio	Nachbarschafts-Auto im Märkischen Viertel (Berlin)	Stationsbasiert	Verbrenner- & Hybridfahrzeuge
E-Wald	Landsberg am Lech	Stationsbasiert	Elektrofahrzeuge
Flinkster	Parkraumquartier Sonnenallee Berlin	Stationsbasiert & free-floating	Verbrenner- & Elektrofahrzeuge

Während ein Großteil der etablierten Sharingangebote einem offenen Nutzerkreis zur Verfügung stehen und somit eines öffentlichen Zugangs bedürfen, ist auch die Einrichtung eines exklusiven Mieter-Carsharings denkbar, das, auf Grund des geschlossenen Nutzerkreises in den Quartiersgaragen bzw. auf den eigenen Stellflächen, den Mietern zur Verfügung gestellt werden kann.

Für die Umsetzung eines solchen stationären und „exklusiven" Mietenden-Carsharings spricht die höhere Zuverlässigkeit sowie Verfügbarkeit aus Sicht der Nutzenden. Der Nutzer kann die Autos über eine App auf seinem Endgerät reservieren, buchen, öffnen und abrechnen. Über die Buchungen kann so auch lange im Voraus für geschäftliche Termine oder einen Besuch der Oma geplant werden und die Verfügbarkeit der Autos ist jederzeit ersichtlich, ohne dass hierfür ein separater Prozess geschaffen werden muss. Die Einbindung in eine übergeordnete App, über die weitere Services am Standort angeboten werden, ist ebenfalls denkbar (siehe Kapitel 6.2).

4.1.5 Betreibermodelle stationäres Carsharing

Auf Grund der peripheren Lage des Quartiers, der hohen Fahrzeuganzahlen sowie einer schwierigen Eigenwirtschaftlichkeit von Sharing-Angeboten ist nicht davon auszugehen, dass die aufgezeigten Sharing-Anbieter ein Angebot auf eigenes Risiko im Quartier Krampnitz etablieren. Vor diesem Hintergrund werden im folgenden Abschnitt exemplarisch für alle Sharing-Optionen Betreibermodelle für die Etablierung einer Carsharingflotte aufgezeigt.

Für die Bereitstellung von Sharing-Fahrzeugen bieten sich verschiedene Betreiber- und Geschäftsmodelle an. Sollte sich für das Sharing-Angebot kein Anbieter finden lassen, welcher das Angebot auf eigenes Risiko übernimmt, besteht die Möglichkeit das Risiko selbst zu tragen oder einen Betrieb mit Hilfe des Ankermietmodells sicherzustellen (vgl. Betreibermodelle und Kostenschätzung Kapitel 3).

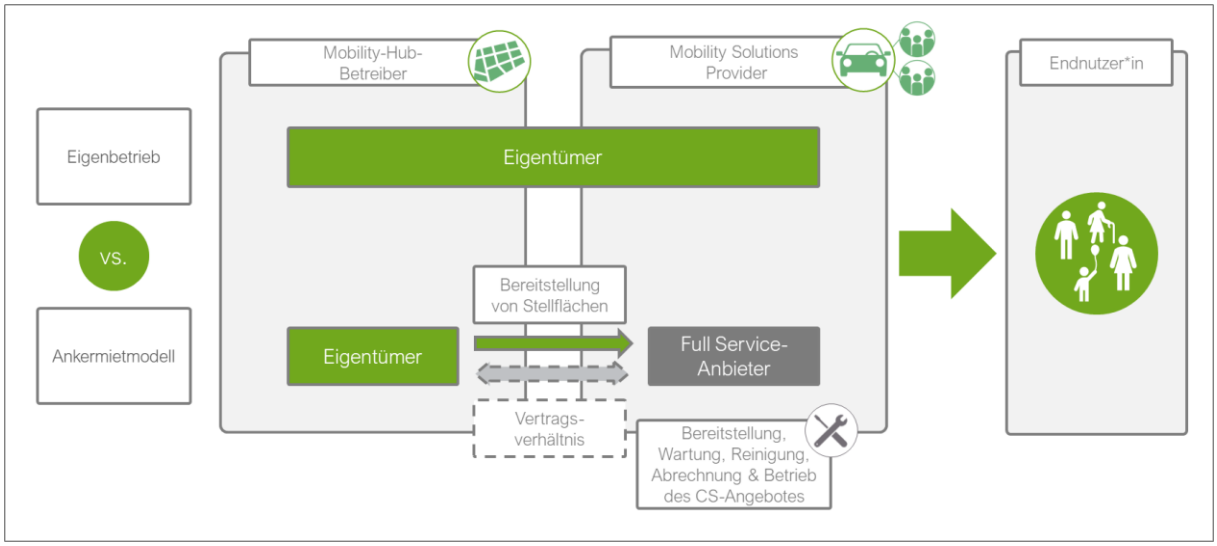


Abbildung 46: Betreibermodelle für stationäres Carsharing

Eigenbetrieb

Im Eigenbetrieb werden Fahrzeuge, Buchungssoftware, Plattform und Wartung von einem „Full-Service-Provider" übernommen oder alternativ einzeln bezogen. Der Quartiersbetreiber ist offiziell Betreiber des Sharing-Angebotes, bestimmt die Rahmenbedingungen und übernimmt das Kundenmanagement (vgl. Abbildung 46 undAbbildung 47).

Abbildung 47: Zahlungsfluss Eigenbetrieb

Ankermietmodell

Dem Ankermietmodell liegt eine Zusammenarbeit mit einem Full-Service-Provdier zugrunde. Als Dienstleister können hier beispielsweise MOQO und Mobileeee (E-Fahrzeuge) genannt werden, die auch gemeinsam Lösungen anbieten. Ein Full-Service-Dienstleister kümmert sich um die Bereitstellung der Fahrzeuge, den Fahrzeugzugang, die Buchungssoftware sowie um die Wartung und Reinigung der Flotte. Weiterhin besteht die Möglichkeit einer White-Label-Lösung, bei der die Fahrzeuge vom Serviceanbieter ein Branding nach Wunsch (z.B. mit entsprechendem Firmenlogo) erhalten. Bei der

Umsetzung eines solchen „exklusiven" Carsharing-Angebotes, hat sich das Prinzip des „Ankermieters" als erfolgreiches Modell etabliert, welches nachfolgend kurz erläutert wird.

Der „Ankermieter" ist der Hauptmieter des Carsharing-Angebotes, welcher im vorliegenden Falle der Quartiersbetreiber oder eine im Wohnquartier ansässige Firma oder der Bauherr selbst sein kann. Der Serviceanbieter verlangt vom Hauptmieter eine Bereitstellungs- und Service-Gebühr bzw. eine Grundauslastung seiner Fahrzeuge. Der „Ankermieter" kann wiederum die Fahrzeuge für die Bewohnenden des Quartiers und weitere ausgewählte Nutzerkreise freigeben. Hierdurch erhalten alle Mietenden und Bewohnenden des Quartiers Krampnitz einen Zugang zum Fahrzeug und können dieses sowohl für private als auch für dienstliche Fahrten über eine App gebührenpflichtig buchen.

Die durch die Fremdbuchungen generierten Einnahmen, werden zwischen dem „Ankermieter" und dem Bereitsteller des Fahrzeuges aufgeteilt und verringern somit die monatlichen Kosten für den „Ankermieter" (vgl. Abbildung 48).

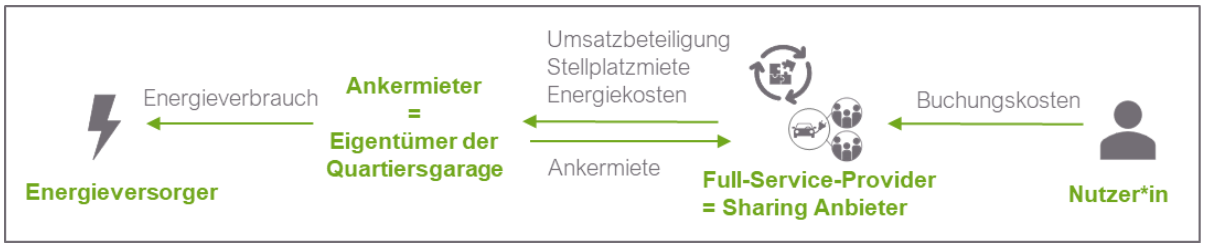


Abbildung 48: Zahlungsfluss Fremdbetrieb

Die Bereitstellungsgebühr wird mit den Mietumsätzen pro Fahrzeug verrechnet, d.h. dass sich die zu zahlende Bereitstellungsgebühr, um die im jeweiligen Kalendermonat mit dem Fahrzeug eingenommenen Nutzungsentgelte reduziert. Etwaige Gewinne verbleiben beim Carsharingdienstleister. Folgendes Rechenbeispiel in Tabelle 37 verdeutlicht die Logik dieses „Bereitstellungsmodells":

Tabelle 37: Kostenindikation - Rechenbeispiel zur Grundlogik des Bereitstellungsmodells für ein Carsharingangebot

	Szenario 1	Szenario 2
Bereitstellungsgebühr	600,00 Euro	600,00 Euro
Mietumsätze	120,00 Euro	1.400,00 Euro
Aufteilungsrate	50%	50%
Rückvergütung (max. Erlös = Bereitstellungsgebühr)	60,00 Euro	700,00 Euro
Zahlbare Bereitstellungsgebühr	540,00 Euro	0,00 Euro

Die zu entrichtende Bereitstellungs- und Servicegebühr der Fahrzeuge kann pauschal auf die Mieten der Bewohnende umgelegt werden. Für diese könnte hierfür zum Beispiel ein Kontingent von Freiminuten bereitgestellt werden. Weiterhin könnten ansässige Unternehmen sowie Pflegeeinrichtungen für eine Nutzung der Sharing-Angebote gewonnen werden und somit die Grundauslastung der Fahrzeuge

finanzieren. Hierbei kann den Unternehmen eine Exklusivnutzung während der Geschäftszeiten eingeräumt werden.

Auf Grund des geografischen Standortes ist derzeit nicht von einer vollen Risikoübernahme durch den Sharing-Dienstleister auszugehen. Für eine Realisierung des aufgezeigten Mietercarsharings empfiehlt sich daher die Umsetzung eines Ankermietmodells. Dieses zeichnet sich insbesondere durch einen geringeren administrativen Aufwand sowie durch ein überschaubares unternehmerisches Risiko und klar kalkulierbare Kosten aus. Durch ein Branding der Fahrzeuge kann darüber hinaus eine Außenwahrnehmung erreicht werden. Der Erfolg und die Kosten des Betriebs hängen maßgeblich von der Auslastung und den Buchungszahlen ab.

Tabelle 38: Vor- und Nachteile der Betreibermodelle

Betreibermodell	Kosten	Umsatzchancen	Unternehmerisches Risiko	Admin. Aufwand	Einfluss / Steuerbarkeit	Skalierbarkeit Übertragbarkeit (intern)	Kompatibilität / Integrations-möglichkeit
Eigenbetrieb	- -	+	- -	- -	+ +	+	-
Ankermietmodell	-	-	+	+ +	-	o	+

Für die detaillierte Ausgestaltung der Mobilitätsangebote sowie eine Abschätzung der anfallenden Kosten, sollten im weiteren Verlauf der Planung Dienstleistergespräche geführt werden, auf deren Basis der durchgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Ladeinfrastruktur in Kapitel 3.4 um die Mobilitätsangebote erweitert werden kann.

Herausforderung - Realisierung von 9 Quartiersgaragen in Potsdam Krampnitz

Um den Stellplatzbedarf in Potsdam Krampnitz zu decken und darüber hinaus Mobilitätsangebote bereitzustellen, werden nach aktuellem Planungsstand neun Quartiersgaragen sowie zwei Tiefgaragen im Quartier errichtet. Die einzelnen Quartiersgaragen besitzen unterschiedliche Ausprägungen und Schwerpunkte. Neben der Parkraumversorgung integrieren die einzelnen Quartiersgaragen weitere zentrale Funktionen, wie zum Beispiel Nahversorgungszentren, Gewerbestätten und Nachbarschaftstreffs. Vor diesem Hintergrund besitzen die Garagen unterschiedliche Anforderungen sowie Investitionskosten. Darüber hinaus werden die einzelnen Baufelder und somit auch die Quartiersgaragen voraussichtlich von verschiedenen Investoren bebaut. In Anbetracht dieser Tatsachen werden unterschiedliche Rahmenbedingungen geschaffen, welche es zu vereinheitlichen gilt. Beispielsweise wäre eine einheitliche Preisstrategie für die Vergabe von Stellplätzen im Quartier für Bewohner- und Nutzende vorteilhaft. Weiterhin ist damit zu rechnen, dass bei einem Stellplatzschlüssel von 0,5 Pkw pro Wohneinheit insbesondere bei Bezug des Quartiers eine höhere Nachfrage nach Stellplätzen vorhanden ist. Um diesen entgegenzuwirken und eine faire Vergabe der Stellplätze zu garantieren empfiehlt es sich, Vergabekriterien zu erarbeiten und diese für das gesamte Quartier anzuwenden. Hierbei können den Mietenden Stellplätze auch Investorenübergreifend zur Verfügung gestellt werden.

Um Rahmenbedingungen für diese Herausforderungen zu schaffen empfiehlt sich die Etablierung eines übergeordneten integrierten Quartiersversorgers. Dieser koordiniert den Betrieb der Quartiersgaragen,

regelt die Stellplatzvergabe und ist Ansprechpartner für Mietende und Stakeholder. Weiterhin bündelt er die verschiedenen Anbieter und wirkt somit parallelen Entwicklungen, z.B. einer Integration von verschiedene Carsharing-Betreibern, im Quartier entgegen. Neben den aufgeführten organisatorischen Maßnahmen verantwortet der integrierte Quartiersversorger die Finanzierung der einzelnen Angebote sowie eine faire Verteilung der Einnahmen. Durch diese Bündelung können unter anderem die ungleichen Investitionsausgaben für die Erstellung der Quartiersgaragen durch angeglichenen Pachtvergütungen refinanziert werden. Ein mögliches kooperatives Rollenmodell wird in Abbildung 49 aufgezeigt. Entsprechend der vorhergehenden Ausführungen bildet der integrierte Quartiersversorger eine Schnittstelle zu den verschiedenen Stakeholdern. Vor diesem Hintergrund ist es zielführend, die Stakeholder bereits bei der Entwicklung des Quartiers Krampnitz sowie bei der Ausgestaltung der Aufgaben des Quartiersversorgers kontinuierlich zu beteiligen. Hierfür sollte ein Mobilitätsrat, welcher sich aus den verschiedenen Stakeholdern zusammensetzt, etabliert werden.

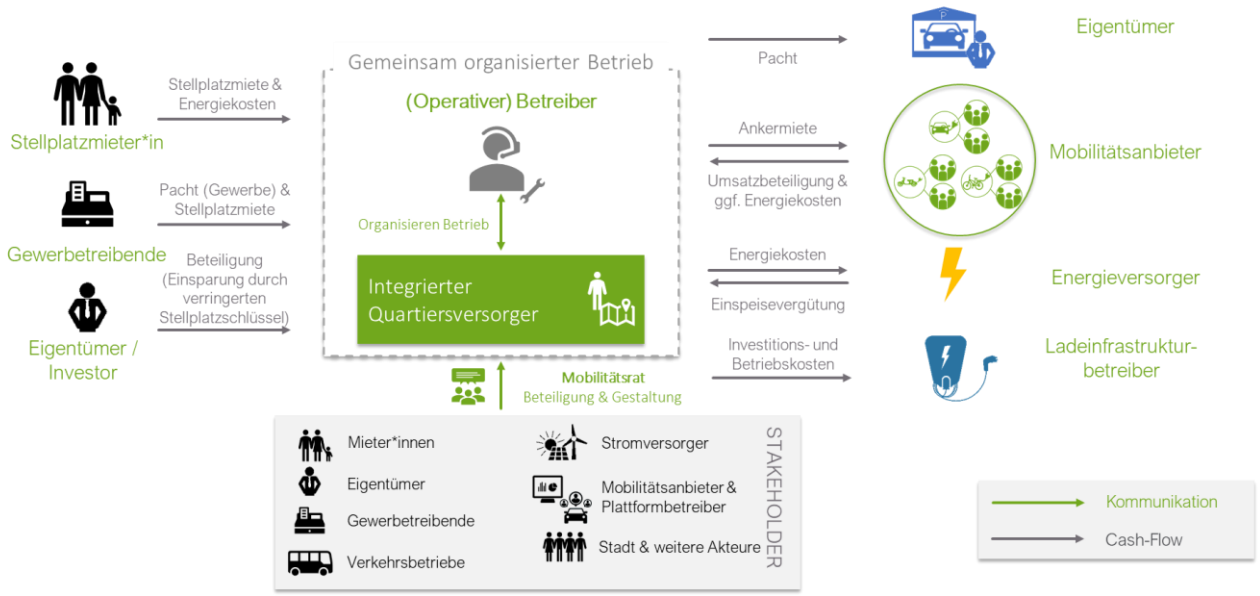


Abbildung 49: Mögliches Rollenmodell für di Organisation des QG-Betriebs im Kooperationsmodell

4.1.6 Zusammenfassung & Empfehlungen

Innovatives Szenario sollte angestrebt werden

Um dem Ansatz eines zukunftsorientierten autoarmen Quartiers gerecht zu werden und gleichzeitig eine Mobilität ohne eigenen Pkw zu ermöglichen, sollte das innovative Mobilitätsszenario angestrebt werden. Hierbei ist vor allem die Bereitstellung einer Car- und Bikesharingflotte – inklusive Lastenrädern und Pedelecs – essenziell. Die Flotten sollten dezentral und gut sichtbar sowie in Abstimmung mit den Interessenschwerpunkten – wie z.B. Nahversorgern, Haltestellen und Quartiersgaragen – im Quartier verortet werden.

Sukzessive Entwicklung der Mobilitätsangebote

Die Sharing-Angebot im Quartier sollten sukzessive und bedarfsabhängig erweitert werden. Dieses Vorgehen verhindert die Überdimensionierung der Angebote und verbessert somit die Wirtschaftlichkeit. Gleichzeitig gilt es, mit Einzug der ersten Bewohnenden ein wahrnehmbares Angebot zu schaffen, welches mindestens 3 Fahrzeuge je Standort bereitstellt.

Integration von unterschiedlichen Fahrzeugklassen

Neben der Bereitstellung von unterschiedlichen Mobilitätoptionen – z.B. Car- und Bikesharingfahrzeugen – sollten darüber hinaus verschiedene Fahrzeugklassen integriert werden. Durch die Bereitstellung einer Flotte, welche sowohl Pkw und Transporter als auch Lastenräder und Pedelcs umfasst kann eine bedarfsgerechte Nutzung der Fahrzeuge ermöglicht werden.

Einbindung von Unternehmen und Stakeholdern

Durch die Einbindung von Gewerbetreibenden kann die Grundauslastung der Fahrzeuge sichergestellt und die Wirtschaftlichkeit erhöht werden. Hierbei kann den Unternehmen eine Exklusivnutzung während der Geschäftszeiten eingeräumt werden (vgl. Ankermietmodell).

Kooperatives Rollenmodell

Um trotz der Vielzahl der Garagen und unterschiedlichen Ausstattungen (und Kosten) eine gerechte Verteilung der Stellplätze an die Nutzenden sowie der Kosten und Einnahmen an die jeweiligen Akteure sicherzustellen, wird die Etablierung eines übergeordneten Quartiersversorgers empfohlen. Neben dem Betrieb der Quartiersgaragen verantwortet der Quartiersversorger die Bündelung und Bereitstellung der Mobilitätsangebote und wirkt somit einer potenziellen parallelen Entwicklung entgegen.

4.2 Konzeption einer digitalen Mobilitätskarte – Mobility-as-a Service

Multimodales Verkehrsverhalten ist ein erfolgsversprechender Weg, um Umwelt und Verkehrsproblemen sowie sich wandelnden Mobilitätsansprüchen einer vielfältiger werdenden Gesellschaft gerecht zu werden. Neben der physischen Bereitstellung von Mobilitätsangeboten, welche für jede Anwendung das richtige Verkehrsmittel vorhalten, müssen die Angebote digital gebündelt werden, um somit einen hohen Nutzerkomfort zu garantieren.

Der Zugang zu Sharingsystemen muss für die Nutzenden so einfach und angenehm wie möglich gestaltet werden. Dieses erfolgt mit Hilfe einer App-basierten Lösung, welche:

- das Lokalisieren der Fahrzeuge,
- einen flexiblen Zugriff auf das Buchungssystem,
- ein Öffnen des Fahrzeuges ohne Schlüsselübergabe,
- eine nutzungsabhängige Abrechnung sowie

- die digitale Führerscheinprüfung ermöglicht.

Für eine erste, schnelle Umsetzung der Mobilitätsangebote empfiehlt es sich, auf die Service-Systeme eines etablierten Dienstleisters zurückzugreifen. Diese bieten eine App-basierte Servicelösung für die einzelnen Sharingoptionen und ermöglichen dadurch einen Betrieb unter Verwendung verschiedener Applikationen.

Um den Nutzerkomfort zu steigern, ist ein integriertes Angebot zu schaffen, auf welches die Nutzenden über eine App-basierte Lösung auf alle Mobilitätsangebote zugreifen können (Single-Sign-In). Eine White Label Softwarelösung, welche verschiedene Sharing-Dienstleistungen integriert, bietet beispielsweise MOQO. Die MOQO-App ist jedoch bei der Einbindung von weiteren Dienstleistungen begrenzt. Durch die Entwicklung einer eigenen Softwarelösung können verschiedene Backend-Systeme zusammengeführt und um weitere Nutzungsszenarien, wie zum Beispiel die Einbindung eines e-Tickets oder eine Quartiersinformationsplattform, integriert werden. Somit können die Nutzenden mit nur einer Anmeldung auf verschiedene Dienste und Buchungssysteme zugreifen und die in Anspruch genommenen Dienstleistungen gemeinsam abgerechnet werden.

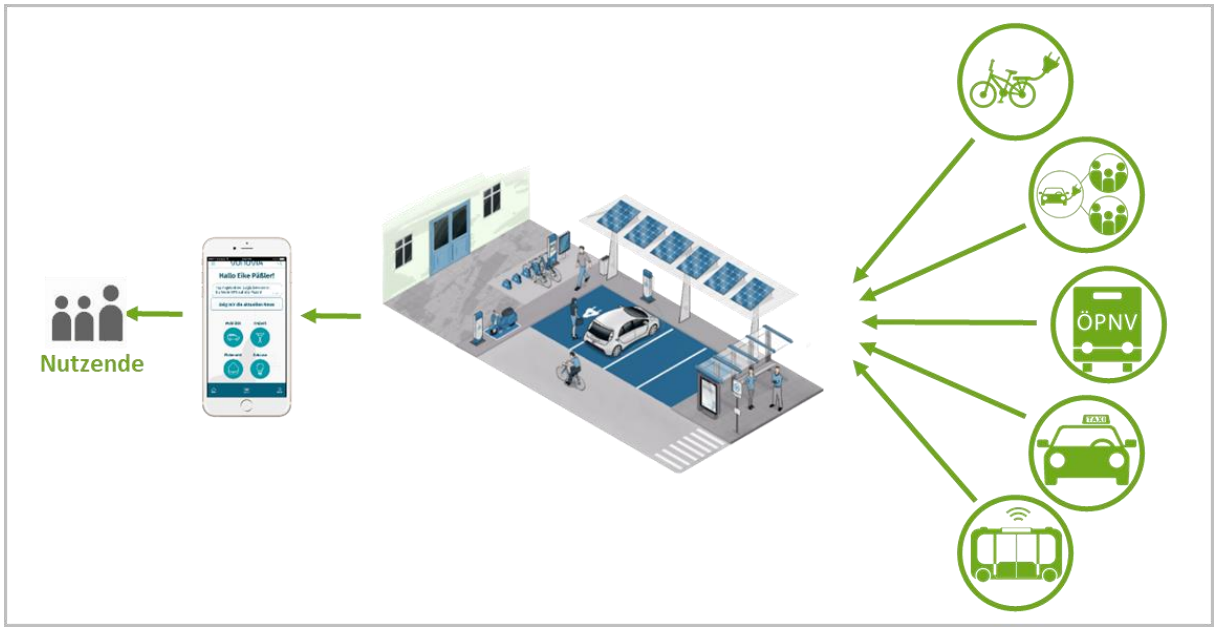


Abbildung 50: Multimodale Mobilitätsplattform – Mobilitätsoptionen physisch vernetzt & digital integriert

Die digitale Zusammenführung der Mobilitätsangebote auf einer Plattform entspricht dem Ansatz des Mobility as a Service Konzeptes (MaaS). So bietet MaaS

- eine Dienstleistung an, bei der die Bedürfnisse der Kund*innen, Nutzenden und Reisenden mit Mittelpunkt stehen
- Mobilität statt Verkehr
- die Integration von Mobilitätsdiensten, Verkehrsmitteln, multimodalen Informationen sowie Buchungs- und Bezahlungsytsteme

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Erfolgsfaktoren eines MaaS-Systems aufgezeigt sowie das Ökosystem/ Rollenmodell aufgezeigt.

Erfolgsfaktoren Mobility-as-a-Service

Die nachfolgenden Kriterien umfassen die wesentlichen Aspekte, die zur Entwicklung und Implementierung eines MaaS-Systems im Quartier Potsdam Krampnitz berücksichtigt werden sollten.

1. Infrastrukturelle Voraussetzungen in Quartieren schaffen, hinsichtlich:
   - Erschließung
   - Nahversorgung
   - Vorhaltung von Flächen für die Mobilitätsangebote
2. Einbindung der Akteure und Nutzer*innen
   - Frühe und partnerschaftliche Einbindung der Wohnungsunternehmen in den MaaS-Kontext
   - Frühe Berücksichtigung mobilitätsrelevanter Aspekte in den Planungsprozessen z.B. einer Quartiersentwicklung und inhaltliche sowie zeitliche Abstimmung aller Akteure
   - Herstellen eines Dialoges zwischen allen Beteiligten
3. Zielgruppenspezifische abgestimmte Bereitstellung des Mobilitätsangebotes
4. Nutzen von bestehenden Mobilitätslösungen und Etablierung von Kooperation mit bestehenden Anbietern durch die Wohnungswirtschaft z.B. White-Label-Lösungen
5. Physische und digitale Verknüpfung der Angebote und gebündelte Bereitstellung z.B. in Mobilitätsstationen/ Mobilitätshubs
6. Digitale Informationsbereitstellung und Zugänglichkeit der Angebote
7. Kontinuierlicher Verbesserungsprozess: Testen von verschiedenen Lösungen z.B. mittels Reallaboren und unter Einbindung der Anwohner*innen
8. Mobilität bzw. MaaS und Wohnen als Gesamtaufgabe der Akteure des MaaS-Ökosystems inkl. der Wohnungsunternehmen auffassen

MaaS Ökosystem

MaaS ist ein Konzept, das in der Lage ist Mobilität und Verkehr neu zu organisieren. Ökonomisch betrachtet ist MaaS zwar noch kein Geschäftsmodell, dennoch lässt sich für das Konzept ein (Business-) Ökosystem bzw. Rollenmodell aufzeigen, in dem alle an der Leistungsbereitstellung beteiligten Stakeholder organisiert sind. Mit Hilfe des Ökosystems lässt sich klären, welche Rollen existieren und welche Akteure diese Rollen besetzen können.

Das MaaS-Ökosystem lässt sich in vier Metaebenen unterteilen: (1) öffentlich-regulatorische Ebene, (2) Mobilitäts- und Logistikdienstleister Ebene (Angebotsseite), (3) MaaS-Vermittlerebene, (4) Endnutzerebene (Nachfrageseite).

Die (1) öffentlich-regulatorische Ebene bildet für alle Teilnehmer unserer Gesellschaft die Rahmenbedingungen ab, in Form von Gesetzen und Regularien, vertreten durch nationale, regionale und lokale Gremien. So beeinflussen beispielsweise verkehrspolitische Entscheidungen den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur, welche wiederum die von ihr abhängigen Akteure des Verkehrssektors beeinflusst. Darüber hinaus definiert die Landeshauptstadt Potsdam als Aufgabenträger mit Hilfe des Nahverkehrsplans das erforderliche Nahverkehrsangebot. Auf der Angebotsseite lassen sich alle (2) Mobilitätsdienstleiter wie beispielsweise kommunale Verkehrsbetriebe, Sharing-Dienstleister, Taxiunternehmen etc. wiederfinden. Dem gegenüber steht (4) der Kunde und Endnutzer, welcher die Nachfrageseite abbildet. Die MaaS-Vermittlerebene (3) übernimmt die Aufgabe, beide Seiten auf einer Plattform zusammenzubringen. Hierbei kann die Vermittlerrolle in MaaS-Integrator und MaaS-Betreiber unterteilt werden. Der MaaS-Integrator bündelt die verschiedenen Mobilitätsdienstleistungen und -dienstleister sowohl vertraglich als auch technisch im Hintergrund und stellt diese dann dem MaaS-Betreiber zur Verfügung. Dieser offeriert die Angebote gegenüber dem Kunden und ermöglicht diesem die Planung, Bezahlung und Durchführung der gebündelten Angebote über eine Schnittstelle. Die Schnittstelle kann beispielsweise durch einen Mobilitätsbaustein abgebildet werden, welche in eine Quartiersapp eingebunden ist.

Die Vermittlerebene ist eine neue Rolle innerhalb des Maßkonzeptes, bei der nicht gänzlich geklärt ist, welche Akteure diese Rolle besetzen werden. Hierbei muss die Rolle des Vermittlers nicht zwangsweise durch einen Akteur in Personalunion vertreten werden, sondern MaaS-Integrator und MaaS-Betreiber lassen sich durch verschiedene Akteurs-Konstellationen realisieren.

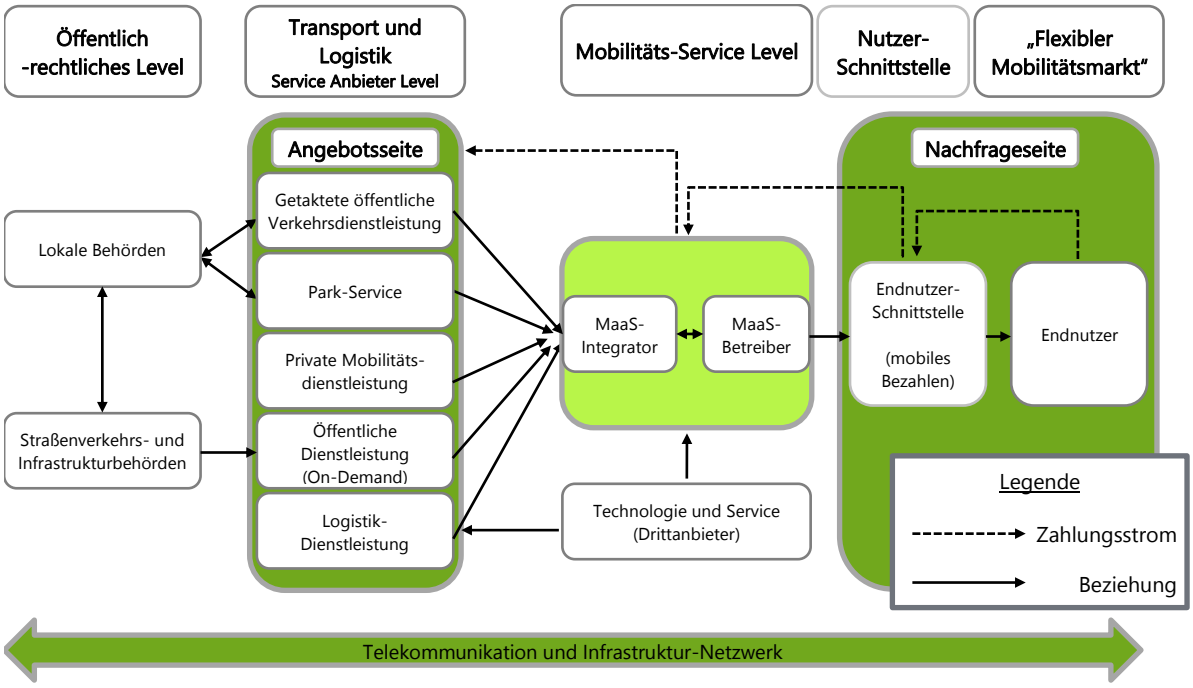


Abbildung 51: Schematische Darstellung des MaaS-Ökosystems [30]

Wie ersichtlich wird, sind alle Ebenen im MaaS-Ökosystem eng miteinander verwoben. Ermöglicht wird dies durch technologische Fortschritte im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT), wodurch mobile Anwendungen, die digitale Einbindungen der Angebotsseite, mobiles Bezahlen etc. erst denkbar sind. IKT wird als Grundvoraussetzung des MaaS-Konzeptes gesehen. Die zentrale Herausforderung für eine erfolgreiche Umsetzung des MaaS-Systems ist die Besetzung der Rollen des MaaS Integrators und des MaaS-Betreibers. Im weiteren Verlauf der Ausgestaltung der Mobilitätssysteme empfiehlt sich vor diesem Hintergrund, eine enge Kooperation zwischen Projektentwickler, den Wohnungsunternehmen, den Verkehrsbetrieben Potsdam sowie der Energie und Wasser Potsdam.

In Zusammenarbeit mit der FH Potsdam und weiteren Partner*innen erarbeitet die ViP derzeit einen MaaS-Ansatz für kleinere und mittlere Großstädte. Unter dem Projektnamen MaaS L.A.B.S untersucht das interdisziplinäre Projektteam die folgenden vier Servicefelder:

1. Eine App informiert die Bürger*innen einer Stadt über integrierte Mobilitätsangebote (ÖPNV und Sharing-Angebote) und erleichtert die Mobilitätsplanung und -abrechnung.
2. Intelligente Sharing-Angebote ergänzen den ÖPNV zu einem attraktiven und zum privaten Auto konkurrenzfähigen Gesamtangebot.
3. Lokalspezifische Anwendungsmöglichkeiten für Mikrobusse sowie On-Demand-Verkehre (nachfragegesteuert) verbessern die Anbindung für Bürger*innen.
4. Digitale Steuerungssysteme sorgen für den Betrieb dieses integrierten Verkehrssystems, das bedarfsgerecht und in Echtzeit auf aktuelle Fahrgastanfragen reagiert.

Die Ergebnisse es Projektes könnten sukzessive in die Quartiersentwicklung Potsdam Krampnitz integriert und das autoarme Quartier somit zu einem Pilotprojekt für die Integration eines MaaS-Systems

werden. Die entstandene Blaupause lässt sich auf weitere Standorte der Stadt Potsdam übertragen und wirkt somit einer steigenden Verkehrsbelastung entgegen. Denkbar wäre im weiteren Verlauf auch eine Kooperation mit den Berliner Verkehrsbetrieben, welche bereits 2019 die Mobilitäts-App "Jelbi" veröffentlicht haben. Die App sowie die physischen Angebote der BVG werden im folgenden Abschnitt erläutert.

Good Practice Beispiel – Jelbi

Unter der Marke Jelbi [31] setzt die BVG in Berlin zum einen Mobilitätsstationen um und bietet zusätzlich eine App mit gleichem Namen an, welche die digitale Vernetzung, und damit erstmals (in Berlin) das Buchen unterschiedlicher Mobilitätsleistungen über einen Zugang ermöglicht. Im Rahmen dieses Vorhabens sollen stadtweit, d.h. auch in Stadtrandlagen, Jelbi-Stationen aufgebaut werden, auf denen die kooperierenden Mobilitätsdienstleister ihre Angebote betreiben können. Eine schematische Darstellung der Funktionsweise von Jelbi und der zugehörigen Angebotskomponenten kann der nachfolgenden Abbildung 52 entnommen werden.

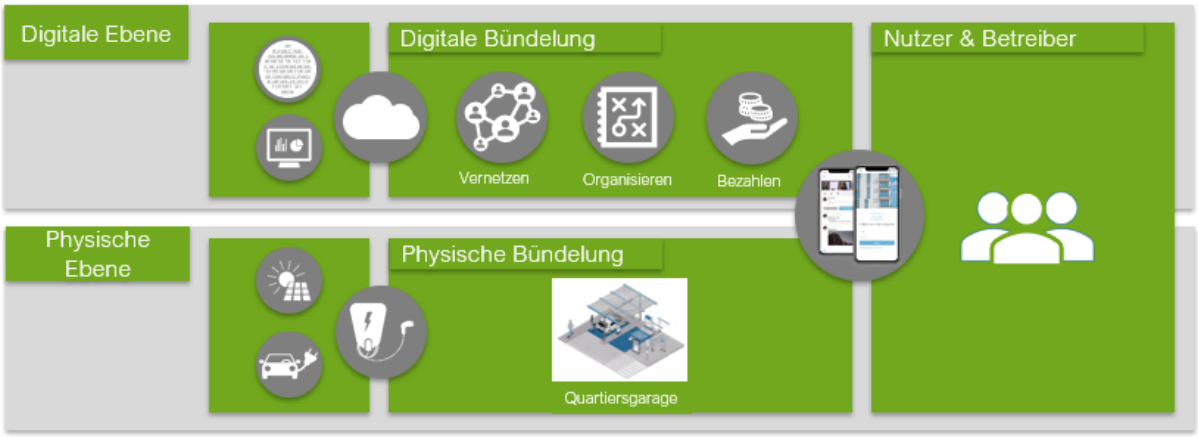


Abbildung 52: Jelbi – Schematische Darstellung Angebotskomponenten, eigene Darstellung

Nach einer ersten Testphase soll im Laufe des Jahres 2021 über eine Fortsetzung und eine systematische Ausweitung durch ein engmaschiges Netz und ein passendes Finanzierungs- und Geschäftsmodell beraten werden. Die langfristige Perspektive ist bei Jelbi derzeit noch nicht gesichert – jedoch gilt dies für die meisten Angebote im (noch) sehr dynamischen Mobilitätsmarkt. Das aktuelle Partnernetzwerk beinhaltet noch nicht sämtliche in Berlin agierenden Sharing-Dienstleister. Vor allem im Carsharingbereich sind vermehrt stationäre Anbieter zu finden, was jedoch am naturell der Mobilitätsstation liegt. Große freefloating Anbieter wie Sixt oder Share Now verfolgen mit einer möglichst hohen Fahrzeugdichte zur Sicherung der Verfügbarkeit ein anderes Modell.
Ein vergleichbares stationäres System würde sich auch für das Quartier Krampnitz anbieten, da sich diese wie bereits erläutert (vgl. Kapitel 4) für das Projektumfeld sehr gut eignen. Die aktuell in die Jelbi-App eingebunden Mobility Service Provider (MSP) können Abbildung 53 entnommen werden.

Derzeit setzt Jelbi vor allem Stationen auf Privatflächen um (z.B. in Kooperation mit der Gewobag), da diese meist unkompliziert (und kostenlos) zur Verfügung gestellt werden können. Jedoch werden dauerhaft auch öffentliche Flächen nötig sein, z.B. an Umsteigepunkten zum ÖPNV. Die nachfolgende

Abbildung 54 zeigt die Jelbi-Station am S-Bahnhof Schönhauser Allee, die auf Flächen des Parkraummanagers Apcoa errichtet wurde. An diesem Beispiel wird auch die Kooperation mit Parkraumbetreibern als sinnvolle Möglichkeit beim Aufbau von Mobilitätsstationen deutlich.

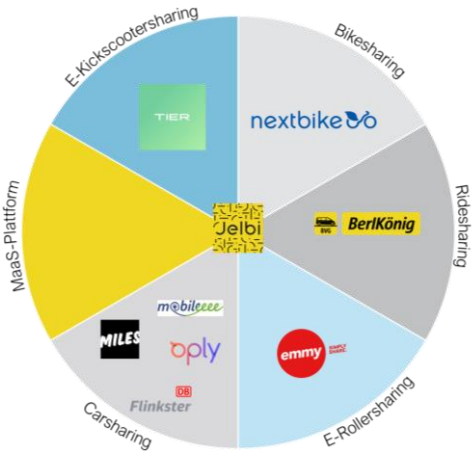


Abbildung 53: Bereits eingebundene Mobilitätspartner von Jelbi (Stand: 31.01.2020), eigene Darstellung

Abbildung 54: Jelbi-Station S-Bahnhof Schönhauser Allee in Berlin [32]

Neben der Bereitstellung von Fläche gibt es einige weitere Anforderungen, die den Aufbau einer Jelbi-Station (und auch einer Mobilitätsstation im Allgemeinen) begünstigen. Hierzu zählt der Bau grundlegender Infrastruktur, wie die Ausrüstung mit Beleuchtung oder auch die Vorrüstung oder Ausrüstung von Ladeinfrastruktur für die E-Sharingangebote. Außerdem sollte bestenfalls eine Erweiterung der Fläche möglich sein, um eine Vergrößerung des Mobilitätsangebots (mehr Verkehrsmittel, mehr Fahrzeuge) oder eine Ergänzung um weitere Angebote (Akkuwechselstationen, Smart Locker etc.) zu ermöglichen. Jelbi spricht sich zudem für Anreizsysteme für Bewohnende aus, wie beispielsweise Freiminuten und Mobilitätspakete oder -budgets, um Einstiegshürden zu verringern und neue Nutzende zu gewinnen.

Die MaaS-Plattform Jelbi kann nicht zuletzt den Stadtwerken Potsdam als Orientierung für die Einführung eines eigenen MaaS-Systems im Quartier Krampnitz dienen. Bei einer möglichen Ausweitung von Jelbi in die Stadt Potsdam wäre zudem eine Kooperation mit Jelbi denkbar, um von dem bereits bestehenden Netzwerk der MaaS-Plattform zu profitieren.

5 Bewertung der Übertragbarkeit der Studienergebnisse

Dieses Kapitel fasst die Ergebnisse aus den vorangegangen Arbeitspaketen zusammen, bewertet diese und leitet Handlungsempfehlungen für die Übertragbarkeit auf weitere Quartiere ab. Dabei wird erst auf die Entwicklung eines geeigneten Mobilitätskonzepts eingegangen und anschließend auf die Energieversorgung der gewählten Mobilitätsoptionen.

5.1 Übertragbarkeit des Mobilitätskonzepts

Ziel dieser Übertragbarkeitsanalyse ist es, anhand der Vorgehensweise des Krampnitzer Mobilitätskonzeptes Handlungsempfehlungen für die Übertagung auf weitere Quartiere zu geben. Im Fokus stehen dabei folgende Elemente:

- Definition von Rahmenbedingungen und (politischen) Zielsetzungen
- Stakeholdermanagement
- Bestimmung des quartiersspezifischen Mobilitätsangebots,
- Ermittlung der benötigten Ladeinfrastruktur sowie die Verteilung der Ladepunkte über das Quartier und
- mögliche Betreibermodelle für die Ladeinfrastruktur als auch Skalierung der Kosten.

Rahmenbedingungen und (politische) Zielsetzungen

In diesem Projekt handelt es sich um ein Neubauquartier. Das Quartier Krampnitz soll ein klimaneutrales und autoarmes Stadtquartier werden und als Vorbild für weitere Neubaugebiete in Potsdam und der Umgebung dienen.

Aufgrund des Neubaucharakters sind erst wenige Informationen über die zukünftige Nutzungs- und Bevölkerungsstruktur bekannt. Wichtige Eckdaten zu dem Neubauquartier, die aus den vorherigen Kapiteln zusammengefasst werden, sind [12]:

Tabelle 39: Eckdaten des Quartiers Krampnitz

Lage und Größe des Quartiers	140 Hektar im Norden Potsdams
Anzahl der Wohn- und Gewerbeeinheiten	4.900 Wohneinheiten und rund 200.000 m2 Gewerbeflächen
Stellplatzschlüssel	0,5 Pkw pro Wohneinheit
Ort der geplanten Stellplätze: Quartiersgaragen oder im öffentlichen Raum	9 Quartiersgargagen und keine Stellplätze am Straßenrand
Bisherige und geplante Anbindung an den ÖPNV	Bus- und Tramverbindung ins Stadtzentrum
Eigentümer, zukünftige(r) Betreiber	Deutsche Wohnen als Wohnungsbaugesellschaft, weitere sind nicht bekannt

Es ist ein Stellplatzschlüssel von 0,5 Fahrzeugen pro Wohneinheit zu realisieren. Diese Stellplätze werden in Form von Quartiers- und Tiefgaragen dezentral über das gesamte Quartier verteilt, sodass diese von allen Gebäuden aus fußläufig gut erreichbar sind. Die im Vergleich zum Rest Potsdams geringe Zahl an Stellplätzen macht es notwendig, die Mobilität der Bewohnenden und Besuchenden über weitere Mobilitätsoptionen sicherzustellen. Dafür ist der Ausbau von Infrastrukturen für Fuß- und Radverkehr, Bus & Bahn, Auto- und Fahrradverleihsysteme sowie eine attraktive Vernetzung dieser Verkehrsmittel notwendig.

Übertragbarkeit auf weitere Quartiere „Rahmenbedingungen“:

- Bestand oder Neubau, Rahmenbedingungen zu Größe und Lage des Quartiers, Anzahl der Wohn- und Gewerbeeinheiten, Stellplatzschlüssel, verkehrliche Anbindung - Bestand und in Planung
- Soziodemographische Faktoren zu den zukünftigen Bewohnenden
- Politische Vorgaben: Klimaneutralität, „Stadt der kurzen Wege“, autoarmes Quartier

Stakeholdermanagement

Nicht nur bei Neubauquartieren, sondern auch im Bestand ist ein regelmäßiger Austausch mit den am Projekt beteiligten Akteuren essentiell. Der Prozess, der diesem Konzept vorangegangen ist, hat gezeigt, dass Gespräche und Abstimmungen mit Stakeholdern äußerst wichtig sind, um über Entwicklungen und Entscheidungen das Quartier betreffend informiert zu sein. Durch das Aufeinandertreffen verschiedener Sektoren wie Bau, Mobilität und Energieversorgung, sind eine Vielzahl an Akteuren an dem Vorhaben beteiligt. Jede*r für sich genommen hat eine unterschiedliche Herangehensweise an solch ein umfassendes Vorhaben und ein unterschiedliches Problembewusstsein. Nur durch einen gemeinsamen Austausch können alle Facetten beleuchtet und im Konzept berücksichtigt werden.

Vor allem zu Beginn der Konzepterstellung kann es hilfreich sein, die Zielstellung der einzelnen Akteure zu erfahren und so die wesentlichen Inhalte des Konzepts herauszuarbeiten. Dabei sind sowohl

Einzelgespräche für den vertraulichen Austausch zu empfehlen als auch Diskussionsrunden und Workshops zur gemeinsamen Erarbeitung von Inhalten.

Übertragbarkeit auf weitere Quartiere „Stakeholdermanagement“:

- Einzelgespräche mit den beteiligten Akteuren zur Identifizierung von (Teil-)Zielen
- Diskussionsrunden und Workshops
- Regelmäßiger Austausch, um über aktuelle Entwicklungen informiert zu bleiben

Bestimmung des quartiersspezifischen Mobilitätsangebots

Die Bestimmung der quartiersspezifischen Mobilitätsangebote erfolgt auf Basis des aktuellen Modal Splits und dem gewünschten Zielzustand. In diesem Fall wird der Model Split und Motorisierungsgrad der Stadt Potsdam in Relation zum Stellplatzschlüssel von 0,5 Fahrzeugen pro Wohneinheit gesetzt.

Dafür wird in einem ersten Schritt bestimmt, welche Einspar- und Substitutionsbedarfe an privaten Pkw (und damit auch an Stellplätzen) benötigt werden, um den anvisierten Stellplatzschlüssel zu erreichen. Anschließend werden geeignete Alternativen zum MIV aufgezeigt, die im Quartier realisiert werden können.

Im Rahmen dieses Mobilitätskonzeptes wird ein Stellplatzäquivalenzmodell (siehe Kapitel 4.1 Modellierung eines quartiersspezifischen Mobilitätsangebotes) angewendet, dass die Einspar- und Substitutionspotenziale alternativer Mobilitätsangebote aufzeigt und auf weitere Quartiere übertragen werden kann.

In Tabelle 40 werden Maßnahmen zur Attraktivitätssteigerung von Verkehrsmitteln des Umweltverbundes und Sharing-Angeboten aufgezeigt. Diese sollen aufzeigen, welche Möglichkeiten zur Veränderung des Modal Split innerhalb eines Quartieres bereits bestehen, um den gewünschten Zielzustand zu erreichen.

Tabelle 40: Maßnahmen zur Verringerung der Pkw-Verkehrs (NRW)

Maßnahmen zur Verringerung des Kfz-Verkehrs	Verringerung der Anzahl der notwendigen Pkw-Stellplätze
ÖPNV-Erschließung abhängig von Verkehrsmitteln und Taktzeiten → Gute ÖPNV-Erschließung: 15-Minuten Takt, max. 300 m Entfernung der Haltestelle	sehr gute ÖPNV-Erschließung 30-70 % gute ÖPNV-Erschließung 20-40 % einfache ÖPNV-Erschließung 10-30 %
Mobilitätsinformationen Mobilitätsinformationen für Neunutzer der Bebauung, Abfahrtsmonitore in zentraler Lage, Beratungsdienstleister für Mobilität vor Ort	bis zu 5 %
Parkraumbewirtschaftung Berechtigungen zur Nutzung der Stellplatze werden zu Kosten von mindestens 20 € je Monat bei nicht überdachten und mindestens 40 € je Monat bei überdachten Stellplatzen ausgegeben. Tagesparkberechtigungen zu Kosten von mindestens 1/20 der Kosten für Monatsparkberechtigungen sind möglich. Kostenfreies Parken ist bis zu einer Dauer von drei Stunden möglich.	5 bis 10 %
ÖPNV-Vergünstigung JobTicket, SemesterTicket, QuartiersTicket	5 bis 20 %
Fahrgemeinschaftsförderung Nur für Nutzungen mit mehr als 50 Beschäftigten: Die Beschäftigten werden regelmäßig zur Bildung von Fahrgemeinschaften motiviert und dabei – beispielsweise durch Vermittlung geeigneter Fahrgemeinschaftspartner – aktiv unterstützt. Die Stellplätze in geringster Entfernung zum Gebäudeeingang werden als Fahrgemeinschaftsparkplätze ausgewiesen.	1 % je 2 % Anteil der ausgewiesenen Fahrgemeinschaftsparkplätze an der Gesamtanzahl der notwendigen Stellplätze
Förderung Carsharing Vorhalten einer Carsharing-Station oder Angebot einer Plattform für Car-Pooling	bis zu 10 %
Radverkehrsförderung Verleih von Spezialrädern und Anhängern, Reparaturangebote, …	bis zu 5 %
Förderung Fahrradvermietsystem Vorhalten einer Fahrradvermietstation auf Baugrundstück, Vergünstigung für Bewohnende / Nutzenden	bis zu 5 %

Nachfolgend werden die effektivsten Maßnahmen näher erläutert. Dazu zählen die Maßnahmen Parkraumbewirtschaftung & Ruhender Verkehr, ÖPNV, Radverkehrsförderung und Förderung von Sharing-Systemen.

Parkraumbewirtschaftung & Ruhender Verkehr

Mittels einem Parkraummanagement-Systems innerhalb eines Quartieres kann die Nachfrage an Stellplätzen sinnvoll gesteuert werden. Zwei Faktoren sind besonders für den Erfolg eines Parkraummanagement-Systems ausschlaggebend.

- Ein vergleichsweise **hoher Preis** für die Mietung der Stellplätze. Durch einen hohen Preis wird zum einen die Nachfrage reduziert und zum anderen Einnahmen generiert, die die Refinanzierung der Infrastruktur und Subventionierung alternativer Mobilitätsangebote ermöglichen.

- Eine **flexible Belegung** der Stellplätze. Dieses Vorgehen ermöglicht die Mehrfachnutzung der Stellplätze durch Bewohnende, Besuchende und Gewerbetreibende. Vor dem Hintergrund, dass die Stellflächen der Bewohnenden vornehmlich in den Nachtstunden belegt sind, können Gewerbetreibende und Kundschaft der Nahversorger diese zu den Öffnungszeiten nutzen.

ÖPNV

Ein gut ausgebauter ÖPNV ermöglicht die größten Einsparpotenziale. Insbesondere Neubaugebiete, die von Anfang an über eine (sehr) gute ÖPNV-Erschließung verfügen, können die Gegebenheit nutzen, dass die Bewohnenden noch keine Mobilitätsroutinen aufgebaut haben und nach einem Umzug gegebenenfalls auf einen eigenen Pkw verzichten (siehe Kapitel 1.3 Festlegung und Anwendung soziodemografischer Faktoren).

Da in dem Quartier Krampnitz erst einige Jahre nach Einzug der ersten Bewohnenden die Tramanbindung fertiggestellt wird, bedarf es weiterer Maßnahmen, um die Attraktivität der bereits verkehrenden Buslinien (Busvorlaufbetrieb) zu steigern und um der Beschaffung privater Pkw entgegenzuwirken. Das Angebot eines Mietertickets beispielsweise erlaubt den Bewohnenden in Kombination mit einer Fahrradmitnahme (zur Überwindung der letzten Meile) eine attraktive Nutzung des ÖPNV im gesamten Stadtgebiet. Dadurch kann im Quartier Krampnitz nicht nur für Pendelnde eine kostengünstige Alternative zum privaten Pkw geschaffen werden, sondern auch die Nutzung von Bus und Bahn für Alltagswege gefördert werden.

Radverkehrsförderung

Neben einem gut ausgebauten ÖPNV ist auch eine gute und sichere Radinfrastruktur wichtig für tägliche Wege vom Quartier ins Stadtzentrum und Umland. Das Quartier Krampnitz wird zukünftig durch eine Radschnellverbindung erschlossen (siehe Abb. 55). Die Schnellverbindung mit einer Gesamtlänge von 4,6 km wird teilweise auf eigenständig geführten Fuß- und Radwegen sowie auf Fahrradstraßen verlaufen und das Quartier an die Potsdamer Innenstadt anbinden.

Um die Radnutzung weiter zu fördern, wird eine infrastrukturelle Verknüpfung von Rad und ÖPNV sowie komfortable und sichere Abstellanlagen an Wohnort und Haltestellen empfohlen. Auch öffentlich zugängliche Reparaturangebote und Selbsthilfewerkstätten sorgen für ein fahrradfreundliches Klima im Quartier.

Abbildung 55: Übersicht Radschnellverbindung [34]

Förderung von Sharingsystemen

Sharingsysteme ermöglichen eine flexible und individuelle Mobilität auch ohne eigenen Pkw. Die Bereitstellung von E-Bikes, Lastenrädern, Rollern oder Pkw in fußläufiger Reichweite (z.B. an Haltestellen oder in den Quartiersgaragen) stellt eine ideale Ergänzung zum ÖPNV dar. Die verschiedenen Angebote werden unterschiedlichen Funktionen gerecht. Beispielsweise bietet die Integration eines Kickscootersharing-Systems eine Möglichkeit zur Überwindung der letzten Meile, wohingegen Carsharingfahrzeuge bevorzugt für Freizeit- und Einkaufswege verwendet werden. Mit Einführung der ergänzenden Angebote können die Stellflächen im Quartier reduziert werden, da private Pkws für nicht-alltägliche Zwecke abgeschafft werden können.

Zur Abschätzung des Sharingbedarfs ist eine Analyse des zukünftigen Mobilitätsverhaltens notwendig. Mittels einer Simulation von Sharing-Modi basierend auf dem angestrebten Modal Split, der Bevölkerungszusammensetzung, dem Mobilitätsverhalten von homogenen Gruppen und verschiedener Mobilitätstypen und dem jeweiligen Wegezweck lässt sich eine Prognose zur benötigten Flottengröße im Quartier treffen.

Da es sich bei dem Quartier Krampnitz um einen Neubau handelt, sind Abweichungen zwischen dem berechneten und tatsächlichen Bedarf durchaus möglich. Unabhängig davon, ob es sich um eine Bestands- oder Neubauquartier handelt, wird empfohlen die Flotten schrittweise und bedarfsgerecht zu erweitern. Um ein wahrnehmbares Angebot zu schaffen, sollten auch bei anfänglich geringerem Bedarf mindestens drei Fahrzeuge pro Standort bereitgestellt werden. Diese Größe hat sich in anderen Quartierskontexten als gute Anfangsgröße herausgestellt. Regelmäßiges Monitoring, wie das Sharing-Angebot von den Nutzenden angenommen wird, ermöglicht es, gezielt auf etwaige Veränderungen im Mobilitätsverhalten der Bewohnenden zu reagieren und die Sharingflotten dementsprechend anzupassen.

Übertragbarkeit auf weitere Quartiere „Ermittlung Mobilitätsbedarfe“:

- Einspar- und Substitutionsbedarfe ergeben sich aus dem Stellplatzschlüssel und dem Motorisierungsgrad
- Anwendung eines Stellplatzäquivalenzmodells zur Bestimmung der Substitutionsmaßnahmen
- Regelmäßiges Monitoring zum bedarfsgerechten Ausbau

Ermittlung der benötigten Ladeinfrastruktur

Als klimaneutrales Quartier ist es wichtig, dass auch der Verkehrssektor möglichst wenig/keine Emissionen im Quartier Krampnitz ausstößt. Dies lässt sich nur über eine Dekarbonisierung der konventionellen Antriebe des motorisierten Verkehrs (MIV und Busse) und/oder einer Reduzierung des MIVs erreichen (z.B. durch den Umstieg auf Verkehrsmittel des Umweltverbundes).

Eine Möglichkeit der Dekarbonisierung ist die Umstellung der konventionell angetriebenen Fahrzeuge auf batterieelektrische Pkw. Entsprechend dem Hochlauf aus erfolgt ein Anstieg des elektrifizierten Verkehrs im Quartier. Um diese mit elektrischer Energie zu versorgen, wird Ladeinfrastruktur benötigt. Dabei haben Fahrzeuge von Bewohnenden, Besuchenden, Gewerbe und Sharing-Fahrzeuge zum Teil unterschiedliche Anforderungen an die Ladeinfrastruktur. Auch die Zahl der zur Verfügung stehenden Stellplätze hat einen Einfluss auf die Anzahl der Ladepunkte.

Fahrzeuge, die über einen längeren Zeitraum ununterbrochen im Quartier stehen, können mit geringer Leistung geladen werden, während für Fahrzeuge mit kürzeren Standzeiten höhere Ladeleistungen notwendig sind. Dabei können Nutzungsgruppen mit asynchronem Ladeverhalten dieselben Ladepunkte nutzen.

Im Quartier Krampnitz wird angenommen das Bewohnende sowie Gewerbefahrzeuge, der im Quartier ansässigen Firmen, größtenteils von abends bis morgens laden. Die lange Standzeit ermöglicht eine geringe Ladeleistung von 11 kW. Alle anderen Nutzungsgruppen laden tagsüber und können dieselben Ladepunkte nutzen. Die zu ladenden Carsharing-Fahrzeuge werden gesondert berücksichtigt. Um die geteilten Fahrzeuge möglichst wenig durch langandauernde Ladevorgänge zu blockieren, empfiehlt es sich diese bei höheren Leistungen (über 20 kW) zu laden.

Durch die Integration eines Lademanagements können Ladevorgänge gesteuert und damit die gleichzeitig auftretende Gesamtleistung reduziert werden. Die bereitgestellte Ladeleistung orientiert sich am aktuellen Lastzustand und wird dynamisch angepasst. In ähnlich aufgebauten Quartieren wie das Quartier Krampnitz wird die maximale Anschlussleistung meist für einen Gleichzeitigkeitsfaktor von unter 0,4 ausgelegt. Dieser drückt die Annahme aus, dass nur ein bestimmter Anteil (in diesem Fall 40 %) der Ladepunkte gleichzeitig genutzt wird. Er ist der Quotient aus der tatsächlich notwendigen Ladeleistung und der maximal möglichen Ladeleistung der Ladetechnik und setzt ein intelligentes Lademanagement voraus.

Übertragbarkeit auf weitere Quartiere “Ladeinfrastruktur”:

- Ladeinfrastruktur abhängig von der Zusammensetzung der Nutzungsgruppen
- Geringe Ladeleistung bei langen Standzeiten, hohe Ladeleistung für flexiblen Einsatz
- Integration eines Lademanagementsystems zur Verringerung des Gleichzeitigkeitsfaktors

Auswahl der Betreibermodelle

Für den Betrieb der Ladeinfrastruktur in den Quartiersgaragen sowie der Energieversorgungsanlage müssen eine Vielzahl verschiedener Funktionen erfüllt werden. Durch die fachspezifischen Anforderungen der einzelnen Aufgaben ist die Kooperation verschiedener Akteure bzw. Dienstleister notwendig. Am Betrieb der Ladeinfrastruktur sind folgende Akteure beteiligt:

- Eigentümer investiert in Planung, Aufbau und technische Komponenten

- Anbieter: Vermarktung der Ladeinfrastruktur
- Technische Betreiber: übernimmt Wartung und Instandhaltung sowie Bereitschaftsdienst zur Entstörung
- Administrative Betreiber = Charge Point Operator (CPO): verwaltet die Ladeinfrastruktur für den Eigentümer und übernimmt Auswertung und Übermittlung von Ladevorgängen und abrechnungsrelevanten Daten
- E-Mobility Service Provider (EMP): bietet Ladeservices für Endkund*innen an

Die Entwicklung integrierter Betreibermodelle setzt die Kooperation und Bereitschaft der genannten Akteure voraus. Dabei sind wie in Abbildung 56 dargestellt eine Vielzahl von Gestaltungsmöglichkeiten gegeben. In Frage kommen der Eigenbetrieb, der Fremdbetrieb sowie der Teil-Fremdbetrieb.

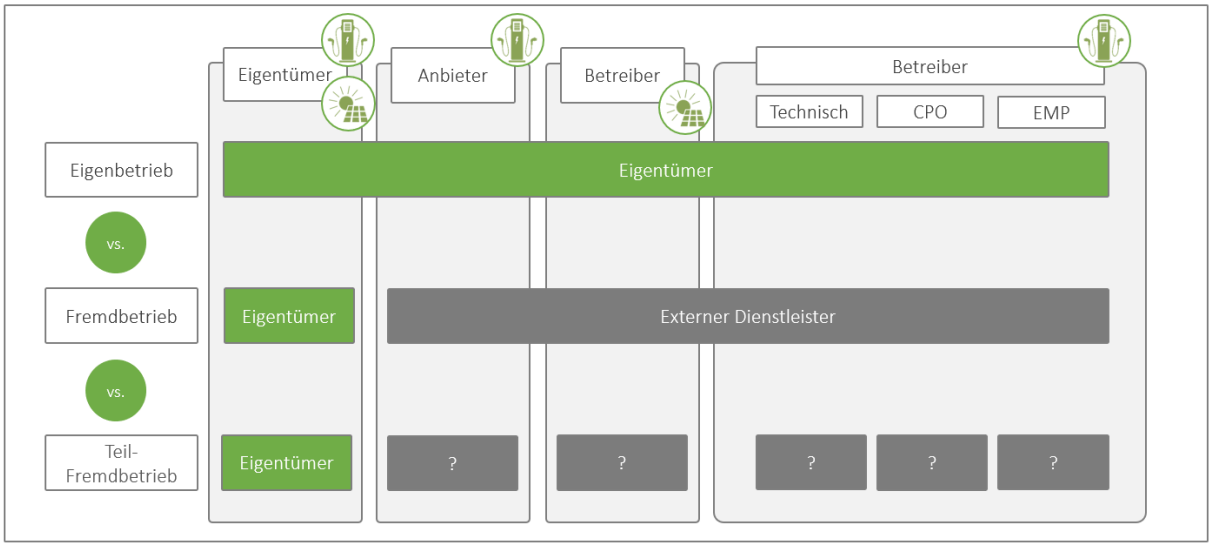


Abbildung 56: Darstellung möglicher Betreibermodelle

Die Auswahl des Betreibermodells hängt von verschiedenen Rahmenbedingungen ab. Es ist vorteilhaft, wenn der Eigentümer in der Lage ist, selbst Betriebsaufgaben zu übernehmen. Positive Effekte in der Zusammenarbeit entstehen, wenn ein Partnernetzwerk mit eingebracht werden kann. Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, sind eine Vielzahl von Akteuren an einem Projekt wie der Quartiersentwicklung beteiligt, die verschiedene Kompetenzen besitzen und sich als Dienstleister in das Betreibermodell einbringen können. In Tabelle 41 sind Rahmenbedingungen zu den drei zuvor vorgestellten Varianten zusammengefasst.

Tabelle 41: Gegenüberstellung Ladeinfrastruktur Betreibermodelle

Eigenbetrieb	• Eigentümer übernimmt Vermarktung und gesamten Betrieb der Anlage • Eigentümer bestimmt das Preismodell • Voraussetzung: Bündelung von fachübergreifendem Wissen und Qualifikationen innerhalb der Organisation

	• Risiko obliegt allein beim Eigentümer
Fremdbetrieb	• Eigentümer investiert in die Anlage und übergibt den Betrieb und die Vermarktung an einen oder mehrere externe(n) Dienstleister • Die Bündelung von Funktionen vereinfacht die Kooperation und ist besonders effizient und kostengünstig bei geringem Aufwand für den Eigentümer • Eigentümer bestimmt das Preismodell, der Betreiber erhält eine feste Vergütung ohne Umsatzbeteiligung
Teil-Fremdbetrieb	• Mix aus Eigen- und Fremdbetrieb • Eigentümer übernimmt einzelne Betriebsfunktionen und setzt externe Dienstleister bei fehlender Expertise ein • Aufteilung auf verschiedene Akteure erhöht Komplexität der Zusammenarbeit

Um eine Entscheidung über das Betreibermodell zu treffen, wird empfohlen, die Kompetenzen des Eigentümers zu prüfen. Handelt es sich bei den Geschäftsfeldern des Eigentümers, um eine fachfremde Industrie, empfielt sich ein Fremdbetrieb. Für fachnahe Unternehmen, wie zum Beispiel Stadtwerke, kann der Betrieb der Ladeinfrastruktur auch eine Erweiterung des Portfolios darstellen.

Übertragbarkeit auf weitere Quartiere "Betreibermodelle":

- Betreibermodell orientiert sich an den Vorstellungen des Eigentümers
- die Kernkompetenzen des Eigentümers sollten hinsichtlich der Möglichkeit eine Ladeinfrastruktur fachgerecht betreiben zu können, überprüft werden
- Risikoklärung bei potenzieller Geschäftsfelderweiterung

Skalierung der Kostenparameter

Der Investitionszeitraum bei den Netzausbaukosten umfasst mehrere Jahrzehnte, sodass der Anschluss bereits für alle Lasten, die in dieser Zeit anfallen, ausgelegt werden muss. Nachträgliche Änderungen wie die Erhöhung der Anschlussleistung sind mit hohem Aufwand und Kosten verbunden.

Der Investitionszeitraum von Ladeinfrastruktur umfasst ca. 10 Jahre. Hier macht es Sinn, benötigte Ladepunkte schrittweise aufbauen, und alle 3-5 zu überprüfen, ob der aktuelle Stand dem Nutzungsbedarf gerecht wird oder ob ein weiterer Ausbau notwendig ist.

In der Wirtschaftlichkeitsanalyse werden bereits alle Kosten berücksichtigt, die entsprechend dem prognostizierten Hochlauf auf lange Sicht für die Versorgung der Elektrofahrzeuge benötigt werden. Alle ermittelten Stellplätze werden bereits zu Baubeginn mit der notwendigen Infrastruktur vorgerüstet. Die

Ladeinfrastruktur wird sukzessive nachfrageorientiert erweitert, sodass zu jedem Zeitpunkt eine möglichst hohe Auslastung bei gleichzeitiger Nutzungsfreundlichkeit gewährleistet wird. Die Wirtschaftlichkeit wird neben der hohen Auslastung auch durch das Preismodell bestimmt, das an die Endnutzenden weitergegeben wird und sich aus der Stellplatzmiete, den Stromkosten und zum Teil aus der Refinanzierung der Ladepunkte zusammensetzt.

Je nach Betreibermodell setzt sich der Anteil dieser Kosten unterschiedlich zusammen. Übernimmt der Eigentümer zeitgleich Betriebsaufgaben (Eigen- oder Teil-Fremdbetrieb) können die Betriebskosten reduziert werden, zeitgleich wird ein größerer Wertschöpfungsanteil erzielt. Dies kann ebenfalls durch eine Kooperation lokal agierender Akteure erfolgen, welche ihre Kernkompetenzen in das Betreibermodell einfliessen lassen (Fremdbetrieb).

Übertragbarkeit auf weitere Quartiere "Kostenparameter":

- Anschlussleistung bereits beim Bau für den Zielzustand dimensionieren
- Ladeinfrastruktur und Mobilitätsangebote schrittweise auf Basis aktueller Rahmenbedingungen und dem neusten Stand der Technik ausbauen

5.2. Übertragbarkeit des Energieversorgungskonzepts

Bei dem Energieversorgungskonzept für die Elektromobilität im Quartier Krampnitz können im Nahbereich mehrere regenerative Energiequellen zur Elektroenergiebereitstellung wie Wasser- und Windkraft sowie Tiefengeothermie ausgeschlossen werden. Auch in anderen Quartieren in Potsdam werden diese Energiequellen zur Stromgewinnung mit großer Wahrscheinlichkeit aus wirtschaftlichen oder genehmigungsrechtlichen Gründen keine Möglichkeit zur Stromerzeugung darstellen, für die Wärmeerzeugung kann die Tiefengeothermie hingegen in Frage kommen. Die Reduktion der Varianten auf Kombinationen aus Photovoltaik, Stromspeicher, Brennstoffzellen und Kraft-Wärmekopplung kann dementsprechend weitgehend übertragen werden.

Die weitmögliche Installation von Photovoltaik-Anlagen, sei es auf Dachflächen, Freiflächen, an Fassaden oder als Überdachung für Stellplätze, Sportplätze etc. wird eine wichtige Rolle für den klimaschonenderen Umbau der Energieversorgung spielen. Elektromobilität ist dabei ein Bestandteil, dem unter Nutzung der mobilen Fahrzeugakkus in Kombination mit den immer günstiger werdenden Batteriespeichern ein großes Potenzial zum Lastmanagement beizumessen ist.

Für eine optimale Ausnutzung und Skalierung der Anlagentechnik ist jedoch vor allem eine integrale Betrachtung der Gebäudeenergie- und der Elektromobilitätsversorgung notwendig. Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen wie Blockheizkraftwerke und Brennstoffzellen und auch elektrische Wärmepumpen und Kältemaschinen verknüpfen die Wärme-, Kälte- und Stromproduktion im Quartier. Durch optimierte und prognosebasierte Fahrweisen der Energieversorgungsanlagen sowie ein angepasstes Lade- und Speichermanagement können Synergieeffekte erzeugt werden.

Im Quartier Krampnitz wird es nach aktueller Planung verschiedene Betreibende und Eigentümer geben, sodass die Energieversorgung der Quartiersgaragen entkoppelt von der Gebäudeenergieversorgung betrachtet werden sollte. Lediglich die Betrachtung einer Wärmeabgabe an das Niedertemperaturnetz im Quartier durch die KWK-Anlagen in den Quartiersgaragen wurde in Betracht gezogen. Eine ganzheitliche Alternative könnte die Errichtung einer „Umweltenergieplattform" darstellen, auf der der Energiehandel zwischen Prosumern organisiert wird. Das betrifft sowohl Wärme/Kälte auf verschiedenen Temperaturniveaus als auch Elektronenergie. So ein Ansatz eröffnet die Schöpfung von Synergien durch dynamische Kopplung von Quellen und Senken, ermöglicht Partizipation und damit auch verbesserte Akzeptanz und Mobilisation von bürgerlichem Engagement. Als „Keimzelle" für ein solches Konzept könnten zunächst benachbarte Liegenschaften mit Potenzial zur Sektorenkopplung zusammengeschlossen werden und z.B. durch variable Tarife ein klimaoptimierter Betrieb motiviert werden.

Sektorenkopplung wirkt sich nicht nur auf die bessere Auslastung der erneuerbaren Energieanlagen aus, sondern kann auch zu einer Entlastung der Stromnetze genutzt werden. Durch die Möglichkeit eines Energieausgleichs direkt im Quartier und der Verschiebung von Stromlasten durch ein Last- bzw. Lademanagement sowie der Nutzung von den Gebäuden und Netzen als thermische Speicher, kann ein netzdienlicher Betrieb ermöglicht werden. Der stetige Ausbau der volatilen erneuerbaren Energien, vorrangig Elektroenergie, in den kommenden Jahren und die Zunahme von Wärmepumpeninstallationen zur Nutzung von Umweltwärme erhöhen die Lastschwankungen im Netz. Ergänzend oder alternativ zu einem Ausbau der Stromnetze werden dezentrale Energiespeicher und Lastmanagementsysteme die Stromnetze entlasten müssen. Für einen solchen Energieausgleich innerhalb eines Quartiers wären Arealstromnetze sinnvoll, sind jedoch mit dem momentanen rechtlich-regulatorischem Rahmen kaum umzusetzen. Inwieweit kleiner ausgedehnte Stromverbünde, sogenannte „Kundenanlagen" als Parallelstrukturen sinnvoll sind, muss individuell entschieden und konzipiert werden.

Übertragbarkeit auf weitere Quartiere "Energieversorgung":

- Übertragbarkeit des Konzepts ist gegeben für Quartiere mit von der Gebäudeversorgung separat betriebener Ladeinfrastruktur und Energieversorgung
- Maximal mögliche Flächen für Photovoltaikanlagen vorsehen und notfalls Überdachungen einplanen, da PV große Relevanz nicht nur für die Mobilitätsversorgung hat
- KWK-Anlagen sind vor allem bei direkter Sektorenkopplung und im Zusammenhang mit Wärmepumpen zur Versorgung von Elektromobilität sinnvoll, wenn nicht genügend Elektroenergie aus regenerativen Quellen verfügbar sein sollte
- Ausbau von elektrochemischer Speicherkapazität sollte vorgesehen und bedarfs- und marktgerecht vollzogen werden

- Im Sinn eines ganzheitlichen Versorgungsansatzes sollten Keimzellen eines zellularen Entwicklungskonzepts gebildet werden, wozu eine quartiersübergreifende Wärme- und Stromplanung und deren Integration mitzudenken ist
- Bei künftigen Quartieren könnte der Aufbau und Betrieb einer „Handelsplattform" für Wärme, Kälte und Strom mit der Anreizung systemdienlichen Verhaltens und ggfs. weiterer Investitionen Synergien durch variable Tarife, Effizienzvorteile und volkswirtschaftlich sinnvolle, sozialverträgliche Energieversorgung ermöglichen
- Variable Tarife könnten an die Elektromobile kommuniziert werden, um netzdienliches Ladeverhalten zu motivieren
- Die außerhalb des Quartiers anzutreffenden hohen Kosten für Ladeenergie (teilweise mehr als dem Zweifachen von Hausstrom) eröffnen innerhalb des Quartiers aufgrund der geringeren Gestehungskosten Investitionsspielraum im Geschäftsmodell

Literaturverzeichnis

[1] Open Street Map, [Online]. Available: https://www.openstreetmap.de/karte.html. [Zugriff am 06. 10. 2020].

[2] Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg, „Verkehrsstärken Brandenburg 2015".

[3] Entwicklungsträger Krampnitz, „KRA_200127_Massenplan_FKE.dxf," 2020.

[4] Flinkster. [Online]. Available: www.flinkster.de. [Zugriff am 09. 10. 2020].

[5] Greenwheels. [Online]. Available: greenwheels.com. [Zugriff am 09. 10. 2020].

[6] Nextbike. [Online]. Available: nextbike.de/de/potsdam. [Zugriff am 09. 10. 2020].

[7] GoingElectric, [Online]. Available: https://www.goingelectric.de/. [Zugriff am 01. 06. 2020].

[8] Entwicklungsträger Potsdam GmbH, „Krampnitz," [Online]. Available: https://www.krampnitz.de/. [Zugriff am 06. 10. 2020].

[9] Infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH; Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt e. V.; IVT Research GmbH; infas360 GmbH, „Mobilität in Deutschland -Tabellarische Grundauswertung," Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bonn, 2018.

[10] Boltze, Manfred; Specht, Günter ; Friedrich, Daniel ; Figur, Andreas, „Grundlagen für die Beeinflussung des individuellen Verkehrsmittelwahlverhaltens durch Direktmarketing.," Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrstechnik: TU Darmstadt, 2002.

[11] P. Rode, C. Hoffmann, J. Kandt, D. Smith und a. A. Graff, „Toward New Urban Mobility: The case of London and Berlin. Peter Griffiths (ed). LSE Cities/InnoZ.," London School of Economics and Political Science: London, 2015.

[12] SHP Ingenieure, „Krampnitz – Mobilitätskonzept, Teilbericht ruhender Verkehr und vollständiger Bericht," Potsdam, 2020.

[13] Landeshauptstadt Potsdam, „Verkehrsbefragung Potsdam," 2018. [Online]. Available: https://www.potsdam.de/sites/default/files/documents/verkehrsbefragung_potsdam_2018_steckbrief.pdf. [Zugriff am 06. 10. 2020].

[14] SrV, „Mobilität in Städten – SrV 2013, TU Dresden,," [Online]. Available: https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/srv/srv-2013. [Zugriff am 06. 10. 2020].

[15] Landeshauptstadt Potsdam, „Masterplan NO2 Potsdam," [Online]. Available: https://www.mobil-potsdam.de/fileadmin/user_upload/MasterplanNO2_Potsdam_Schlussbericht.pdf. [Zugriff am 06. 10. 2020].

[16] ViP, „Tram96 – Besser mobil," Potsdam, 2020.

[17] BMVI, „Mobilität in Deutschland (MiD)," 2018. [Online]. Available: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/mobilitaet -in-deutschland.html. [Zugriff am 06. 10. 2020].

[18] Kraftfahrbundesamt, „Bestand nach Zulassungsbezirken und Gemeinden," [Online]. Available: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Zulassungsbezirke

Gemeinden/b_zulassungsbezirke_inhalt.html;jsessionid=C68F95C0C5BE3DECD1964FD46CE0A8C7.live11291?nn=2598042. [Zugriff am 06. 10. 2020].

[19] A. Probst, „Auswirkungen von Elektromobilität auf Energieversorgungsnetze analysiert auf Basis probabilistischer Netzplanung," [Online]. Available: https://www.ieh.uni-stuttgart.de/dokumente/dissertationen/Diss_Probst.pdf. [Zugriff am 09. 10. 2020].

[20] SHP, *Stellplatzbedarfe auf der Ebene des Gesamtquartiers, Überlagerung der Tagesganglinien,* Potsdam, 2020.

[21] Land Brandenburt, „Geoportal Brandenburg," [Online]. Available: https://geoportal.brandenburg.de/geodaten/suche-nach-geodaten/w/map/doc/1711/. [Zugriff am 05. 09. 2020].

[22] Statistisches Bundesamt (Destatis), „Daten zur Energiepreisentwicklung - Lange Reihen," [Online]. Available: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Energiepreise/Energiepreisentwicklung.html.. [Zugriff am 08. 10. 2018].

[23] PWC, [Online]. Available: https://pwc-tools.de/kapitalkosten/. [Zugriff am 06. 10. 2020].

[24] Zukunftsnetz Mobilität NRW, „Leitfaden zur Musterstellplatzsatzung NRW," November 2019. [Online]. Available: https://www.zukunftsnetz-mobilitaet.nrw.de/leitfaden-kommunale-stellplatzsatzungen. [Zugriff am 06. 10. 2020].

[25] Statistik Berlin Brandenburg, „Statistischer Bericht A I 5 – hj 1 / 19 Einwohnerinnen und Einwohner im Land Berlin am 30. Juni 2019," [Online]. Available: https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/publikationen/stat_berichte/2019/SB_A01-05-00_2019h01_BE.pdf. [Zugriff am 01. 10. 2019].

[26] FORSCHUNGS-INFORMATIONS-SYSTEM, „Verhaltenshomogene Gruppen".

[27] Nobis, Claudia und Köhler, Katja, vgl., „Mobilität in Deutschland - MiD Nutzerhandbuch, S. 17,," [Online]. Available: http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Nutzerhandbuch.pdf. [Zugriff am 01. 10. 2019].

[28] Mobilität In Tabellen", 2017. [Online]. Available: https://www.mobilitaet-in-tabellen.de. [Zugriff am 06. 10. 2020].

[29] LSE Cities, „Towards New Urban Mobility - The case of London and Berlin," 2015. [Online]. Available: https://lsecities.net/wp-content/uploads/2015/09/New-Urban-Mobility-London-and-Berlin.pdf. [Zugriff am 06. 10. 2020].

[30] König, Eckhardt, Aapaoja und Karlsson, Deliverable 3: Business and operator models for MaaS, 2016.

[31] Jelbi, [Online]. Available: www.jelbi.de. [Zugriff am 03. 11. 2020].

[32] Imago images/PEMAX, [Online]. Available: https://www.imago-images.de. [Zugriff am 06. 11. 2020].

[33] Electrive. [Online]. Available: www.electrive.de. [Zugriff am 09. 10. 2020].

[34] F. S. Landeshauptstadt Potsdam, „Ausbau Radwegenetz im Potsdamer Norden," Potsdam, 2019.