

Strom- und Lastbedarfsabschätzung E-Mobilität für das Neubaugebiet Zweibörn



Erstellt durch:

Volker Gillessen, EcoLibro GmbH

Marcus Dräger, Coneva GmbH

01.12.2021

Inhalt

1.	Aktuelle Entwicklungen bei den Antriebsarten und Prognose	3
2.	Ladeinfrastruktur in der Wohnungswirtschaft	8
3.	Grundlagen zur Bedarfsermittlung	10
3.1.	Nutzerkennwerte	10
3.2.	Lastmanagement	11
4.	Bedarfsermittlung für das Wohngebiet Zweibörn	12
4.1.	Strom- und Lastbedarfsermittlung für die E-Mobilität	12
4.2.	Strom- und Lastbedarfsermittlung für den Haushaltsstrom	14
4.3.	Lastmanagement für E-Mobilität	17
4.4.	Nutzung lokal und regenerativ erzeugter Energie	19
5.	Potenziale für öffentliche Ladeinfrastruktur	23
6.	Anhang	25
	Anhang I - Weitere Informationsquellen	25
	Anhang II - Leitfaden zur Organisation für die private Ladeinfrastruktur	26

1. Aktuelle Entwicklungen bei den Antriebsarten und Prognose

Es ist nach heutigem Stand damit zu rechnen, dass ab ca. 2030 in Europa keine neuen mit Diesel und Benzin betriebenen Fahrzeuge mehr zugelassen werden. Hierfür sprechen mehrere Indikatoren.

Als Nachfolgetechnologie existieren mehrere Optionen für eine treibhausgasarme Energieversorgung des Verkehrs, etwa batterieelektrische Elektromobilität, Elektromobilität mit Wasserstoff und Erdgas sowie Biokraftstoffe.

Nach Einschätzung der Deutschen Energieagentur (dena) wird in Zukunft ein hohes Volumen an flüssigen oder gasförmigen Treibstoffen in Deutschland gebraucht, vor allem bei schweren Lkw, Schiffen oder Flugzeugen.¹

Aus vielfältiger Hinsicht wird batterieelektrische Mobilität insbesondere im Bereich des motorisierten Individualverkehrs (MIV) mit Pkw sowie bei Liefer- und Serviceverkehren in der kommenden Dekade als dominante Nachfolgetechnologie auf die heutige Verbrennungstechnologie folgen. Die wesentlichen Gründe hierfür liegen mit Schwerpunkt im Bereich Umweltwirkung/Energieeffizienz begründet.

Umwelt- und Klimaschutz/Energieeffizienz

Mehrere Studien des Ökoinstituts zeigen, dass Erdgasmobilität zwar niedrigere Treibhausgas-Emissionen als fossile Kraftstoffe aufweist, die klimaschädlichen Emissionen sich dennoch nur um wenige Prozent verringern, sodass die Anforderungen an die Klimaschutzziele hiermit nicht erreicht werden können. Durch das Entweichen von geringfügigen Gasmengen (3-6%) auf der kompletten Logistikkette, kann sich der Vorteil beim CO₂-Ausstoß durch die hohe Treibhauswirksamkeit von Methan zum Teil sogar ins Gegenteil verkehren².

Bei Biokraftstoffen bestehen – global betrachtet – nicht ausreichende Produktionskapazitäten insbesondere vor dem Hintergrund der Konkurrenz zur Ernährungssicherung.

Synthetische Kraftstoffe auf Basis von erneuerbarem Strom (Power-to-X-Kraftstoffe) erfordern im Vergleich zur Elektromobilität einen sehr viel stärkeren Ausbau der erneuerbaren Energien. Zur Erzeugung dieser Kraftstoffe wird Strom aus erneuerbaren Energien in flüssige oder gasförmige Kraftstoffe umgewandelt. Dazu gehören etwa Wasserstoff aus der Elektrolyse sowie synthetisches Methan und synthetische Flüss-

¹ <https://www.dena.de/themen-projekte/energieeffizienz/mobilitaet/kraftstoffe-technologien/>
<https://www.produktion.de/nachrichten/unternehmen-maerkte/experten-siegeszug-des-reinen-e-motors-wird-nicht-kommen-120.html>

² Süddeutsche Zeitung 30/10/2019 <https://www.sueddeutsche.de/wissen/erdgas-heizung-methan-1.4655930>

- Alvarez et al., 2018, "Assessment of methane emissions from the U.S. oil and gas supply chain", Science, am 11.09.2019 verfügbar unter <https://science.sciencemag.org/content/361/6398/186>
- Zhang et al, 2020, "Quantifying methane emissions from the largest oil-producing basin in the United States from space", Science Advances, DOI: 10.1126/sciadv.aaz5120
- Hope, M., 2014, "Explained: Fugitive methane emissions from natural gas production", Carbon Brief, 03.07.2014, verfügbar



sigkraftstoffe, für die Wasserstoff zusammen mit Kohlenstoffdioxid in einem Syntheseprozess weiterverarbeitet wird. Ihr Einsatz ist erst in Zukunft bei einem sehr hohen Anteil erneuerbarer Energien energiewirtschaftlich sinnvoll, und auch nur, weil insbesondere im Luft- und Seeverkehr keine Alternativen sichtbar sind.

Im Vergleich zu batterieelektrischen Fahrzeugen ist der Einsatz von Wasserstoff in Brennstoffzellen-PKW mit mindestens dem doppelten Strombedarf verbunden. Ursache hierfür ist ein deutlich höherer Strombedarf aufgrund von Verlusten bei den chemischen Herstellungsprozessen der Kraftstoffe sowie durch deutlich geringere Wirkungsgrade bei den Verbrennungsfahrzeugen.³

Auch bei der gesamten Emission von Treibhausgasen in Bezug auf den gesamten Produktionszyklus weisen Elektrofahrzeuge die durchweg niedrigsten gesamten Treibhausgas (THG)-Emissionen auf. Eine Ausnahme stellt das Brennstoffzellen Elektrofahrzeug dar. Mit konventionellem Strom betrieben, sorgt der Betrieb für etwa gleich hohe THG-Emissionen wie ein konventionell betriebenes Fahrzeug. Um mit diesem Fahrzeugtyp wesentliche THG-Reduktionen gegenüber konventionellen Antrieben zu erreichen, muss der Wasserstoff aus regenerativen Quellen stammen. Die Werte von batterieelektrischen Fahrzeugen können mit Brennstoffzellen-Elektrofahrzeugen nicht erreicht werden.⁴

Beim Einsatz von synthetischem Methan liegt der Strombedarf bei heute verfügbaren Technologien wegen den gleichen Gründen wie beim Wasserstoff, bezogen auf die gleiche Fahrleistung, mindestens fünf Mal so hoch. Die vollständige Nutzung von synthetischem Methan im Straßenverkehr würde mehr Strom benötigen als heute alle Stromnachfrager in Deutschland zusammen verbrauchen.⁵

Synthetische, strombasierte Kraftstoffe werden häufig auch als Klimaschutzoption im Rahmen der Sektorenkopplung von Strom- und Verkehrssektor ins Spiel gebracht. Studien zeigen jedoch, dass die langfristige Stromspeicherung in Wasserstoff erst bei hohen erneuerbaren Anteilen energiewirtschaftlich sinnvoll ist. Auch übertrifft der Energiebedarf des Verkehrssektors die aus Speichergründen notwendige Menge an synthetischen Energieträgern um ein Vielfaches. Die Nutzung nachhaltiger, synthetischer Kraftstoffe wäre also mit einem enormen Ausbau erneuerbarer Stromkapazitäten verbunden.

Erste Analysen zum globalen Potenzial an synthetischen Kraftstoffen existieren zwar, Nachhaltigkeitsaspekte hinsichtlich der Flächen- und Wasserverfügbarkeit sowie sozialer Effekte und der politischen Stabilität an möglichen Produktionsstandorten sind – ähnlich wie bei der Diskussion um Biokraftstoffe vor einigen Jahren – bisher wenig

³ Quelle: Öko-Institut; Strombasierte Kraftstoffe im Vergleich – Stand heute und die Langfristperspektive <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/strombasierte-kraftstoffe-im-vergleich-stand-heute-und-die-langfristperspektive/>

⁴ Österreichisches Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0440.pdf>

⁵ Quelle: Öko-Institut, Ifeu-Institut, DLR; „Renewability III – Optionen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors“ https://www.ifeu.de/verkehrundumwelt/pdf/Renewability_III_Abschlussbroschuere.pdf

betrachtet worden. Eine Potenzialabschätzung für nachhaltig produzierte synthetische Kraftstoffe und ihren möglichen Beitrag zum Klimaschutz ist im globalen Maßstab aus diesen Gründen bisher nicht möglich.⁶

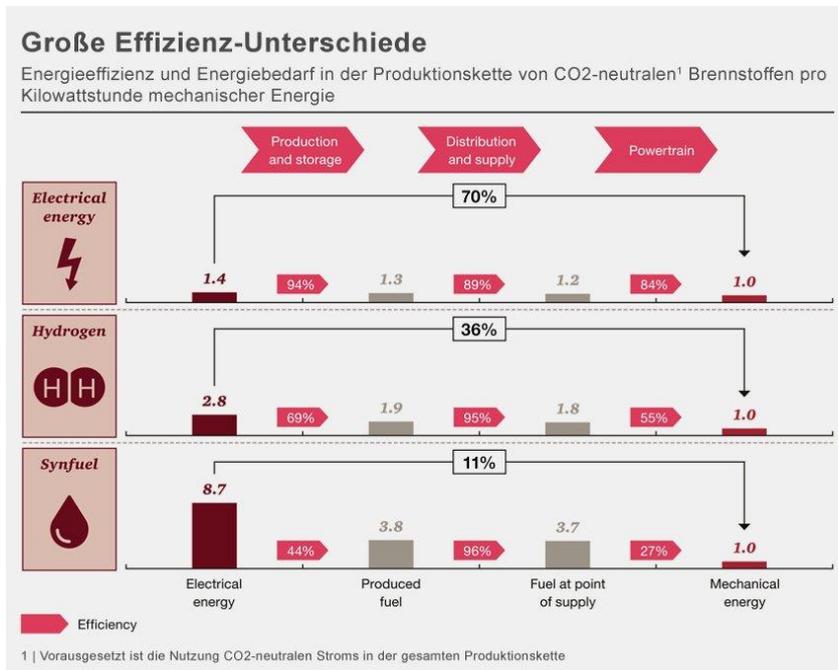


Abbildung 1: Energieeffizienz und Energiebedarf alternativer Kraftstoffarten / Quelle: PWC in <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/elektroautos-wasserstoff-wunderdiesel-die-energiebilanz-a-1181147.html>

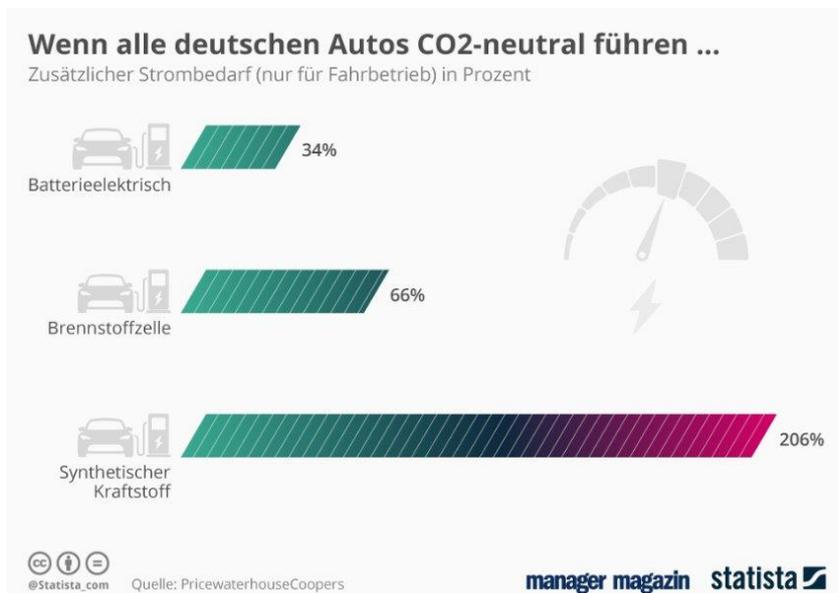


Abbildung 2: Zusätzlicher Strombedarf alternativer Kraftstoffarten / Quelle: PWC in <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/elektroautos-wasserstoff-wunderdiesel-die-energiebilanz-a-1181147.html>

⁶ Quelle: Öko-Institut; Power-to-X: Strombasierte Kraftstoffe als Klimaschutzoption im Güterverkehr? <https://de.sli-deshare.net/Oeko-Institut/power-to-x-strombasierte-kraftstoffe-als-klimaschutzoption-im-gueterverkehr>

Fazit:

Es zeigt sich deutlich, dass die Klimaziele für den motorisierten Individualverkehr (MIV) im Massensegment Pkw, bis auf wenige lokale Ausnahmen, nur über den batterieelektrischen Antrieb erreicht werden können. Die großen Hersteller (OEM) haben diese Entwicklung bereits aufgenommen. Weltweit liegt der Fokus der OEM bei der Pkw Entwicklung auf dem batterieelektrischen Antrieb und hierbei im Schwerpunkt auch auf der reinen batterieelektrischen Variante (BEV).⁷

Wegen seiner geringen und stark von der Nutzung abhängigen Klimawirkung, steht der Plug-In-Hybrid stark in der Diskussion⁸. Während Daimler sich künftig aus diesem Segment verabschieden wird, verfolgt VW hier derzeit noch eine andere Strategie. Es wird sich zeigen, inwieweit mit der neuen Regierung Änderungen an der Förderung erfolgen. Wirtschaftlich ist der PHEV auch heute schon im Vergleich mit einem BEV nicht konkurrenzfähig. Aufgrund der enormen Entwicklungsfortschritte in der Batterieforschung⁹ und den schlechten Klimawerten des PHEV, ist großer Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass das PHEV keine langfristige Zukunft haben wird.

Die Entwicklungen der letzten 10 Jahre zeigen eine kontinuierlich anwachsende Bedeutung der Elektromobilität. Bis auf leichte Schwankungen sind die Zulassungszahlen in diesem Segment exponentiell um ca. 70% jährlich angestiegen. Im September 2021 stieg gem. der Zahlen des Kraftfahrtbundesamts (KBA), der Anteil von Elektrofahrzeugen an den Neuzulassungen auf 29,8 % (17,1 % BEV / 12,7 % PHEV) und lag damit erstmals deutlich über den Werten für reine Dieselantriebe mit 15,9 % und schon nah an denen der Benziner mit 35,9 %. Das Ziel der Expertenkommission des Bundes zur Erreichung der Klimaziele liegt bei 14.000.000 Elektrofahrzeugen bis 2030¹⁰, was einem Anteil am Gesamtfahrzeugbestand von rd. 30 % entspricht. Bei der aktuellen Dynamik ist jedoch von einer deutlich schnelleren Entwicklung auszugehen.

⁷ <https://www.businessinsider.de/wirtschaft/mobility/vw-mercedes-co-verabschieden-sich-von-ihren-wasserstoff-traeumen-p6/>

<https://www.watson.ch/digital/wissen/607939202-vw-chef-erklaert-warum-wasserstoffautos-keine-chance-gegen-e-autos-haben>

<https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/marken-modelle/mercedes-benz/mercedes-glc-fuel-cell/>

⁸ <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/alternative-antriebe/mercedes-entwicklung-phev-plug-in-hybrid-ende/>

<https://www.handelsblatt.com/mobilitaet/elektromobilitaet/autoindustrie-auslaufmodell-plug-in-hybrid-elektroautos-setzen-sich-schneller-durch-als-erwartet/27674006.html>

<https://www.fuhrpark.de/premiere-2023-vw-entwickelt-plug-in-hybride-weiter>

<https://www.autohaus.de/nachrichten/politik/e-auto-praemie-stroengere-vorgaben-fuer-plug-in-hybride-geplant-2934152>

⁹ <https://www.elektroauto-news.net/2021/akku-experte-1000-kilometer-reichweite-sind-moeglich>

¹⁰ <https://www.rnd.de/wirtschaft/regierungskommission-14-millionen-e-autos-bis-2030-notig-773bcd98-4e48-45a5-ac23-fd4ce68a34e1.html>

Neben aktuellen Lieferengpässen in der Industrie, wird diese Entwicklung maßgeblich vom Aufbau der zur Energieversorgung der Fahrzeuge notwendigen Ladeinfrastruktur beeinflusst.

2. Ladeinfrastruktur in der Wohnungswirtschaft

Bei Hochlauf der Elektromobilität kommt der Wohnungswirtschaft eine sehr bedeutende Rolle zu, da Fahrzeuge vor allem in der Nacht am Wohnort mit geringen Leistungen sowohl kosteneffizient als auch netzdienlich geladen werden können¹¹.

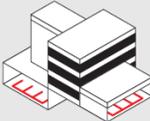
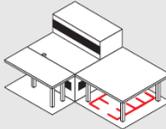
Verteilung Ladevorgänge	Privater Aufstellort 85 %	Öffentlich zugänglicher Aufstellort 15 %
Typische Standorte für Ladeinfrastruktur	 Einzel-/Doppelgarage bzw. Stellplatz beim Eigenheim  Parkplätze bzw. Tiefgarage von Wohnanlagen, Mehrfamilienhäusern, Wohnblocks  Firmenparkplätze/ Flottenhöfe auf eigenem Gelände	 Autohof, Autobahn-Raststätte  Einkaufszentren, Parkhäuser, Kundenparkplätze  Straßenrand/ öffentliche Parkplätze

Abbildung 3: Quelle Nationale Plattform Elektromobilität NPE

Vor diesem Hintergrund wurden 2020/2021 mit der Änderung des WEG-Gesetzes, des Mietrechts und vor allem auch mit dem Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz (GEIG), rechtliche Weichenstellungen gelegt, die diese Entwicklung unterstützen sollen. So müssen gem. GEIG bei neuen Wohngebäuden mit mehr als fünf Stellplätzen bzw. solche, bei denen größere Renovierungen der Gebäudehülle (mehr als 25% der Oberfläche der Gebäudehülle) oder elektrischen Anlagen durchgeführt werden, 100% der Stellplätze mit einer Leitungsinfrastruktur (Leerrohre) ausgestattet werden, die den nachträglichen Einbau von Ladestationen ermöglicht.

Das GEIG ermöglicht sog. Quartierslösungen. Danach können Bauherren oder Gebäudeeigentümer, deren Gebäude in räumlichem Zusammenhang stehen, Vereinbarungen über eine gemeinsame Ausstattung von Stellplätzen mit Leitungsinfrastruktur oder Ladepunkten treffen, um „ihre“ Ausstattungspflichten zu erfüllen. Höhe und Umfang der Ausstattungsverpflichtung der einzelnen Bauherren oder Gebäudeeigentümer werden davon nicht berührt, also addiert. Möglich wird aber die gemeinsame Pflichterfüllung (bspw. gebündelt auf einem bestimmten Parkplatz), wenn die Gebäude in einem räumlichen Zusammenhang stehen. Laut Gesetzesbegründung muss es sich dabei „um Flächen in der Nachbarschaft handeln, die in gewisser Weise zusammenhängen“.¹²

¹¹ https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2020/dena-STUDIE_Privates_Ladeinfrastrukturpotenzial_in_Deutschland.pdf

¹² <https://www.bbh-blog.de/alle-themen/e-mobilitat/ausstattungspflichten-von-immobilien-mit-lade-und-leitungsinfrastruktur-das-geig-kommt/>



Nach WEG-Recht können einzelne Wohnungseigentümer künftig grundsätzlich verlangen, dass sogenannte privilegierte Maßnahmen von den Miteigentümern zu gestatten sind. Dazu gehört der Einbau einer Lademöglichkeit für E-Autos, ebenso Aus- und Umbaumaßnahmen für mehr Barrierefreiheit, zum Einbruchschutz und für einen Glasfaseranschluss. Diese Maßnahmen bedürfen künftig nicht mehr der Zustimmung aller. Die Kosten trägt dann der jeweilige Eigentümer. Für bauliche Veränderungen gilt: Hat eine doppelt qualifizierte Mehrheit in der Eigentümerversammlung (das heißt: mehr als zwei Drittel der Stimmen auf der Eigentümerversammlung und mindestens 50 Prozent der Miteigentumsanteile an der Immobilie) für die Maßnahme gestimmt, haben alle Eigentümer die Maßnahme zu bezahlen. Das gilt nicht, wenn sie mit unverhältnismäßigen Kosten verbunden ist, was künftig gerichtlich überprüfbar ist. Gibt es für die Maßnahme nur einen einfachen Mehrheitsbeschluss in der Eigentümerversammlung, müssen diejenigen dafür zahlen, die dafür gestimmt haben.

Mit dem neuen Mietrecht haben auch Mieter künftig einen Anspruch darauf, dass Vermieter den Einbau einer Elektro-Ladestation sowie Maßnahmen zur Barrierereduzierung und zum Einbruchschutz auf Kosten der Mieter gestatten. Der Mieter kann dabei vom Vermieter die Erlaubnis zu baulichen Veränderungen oder sonstigen Maßnahmen sowie die Vornahme weiterer Handlungen verlangen, die zur Errichtung oder Nutzung einer Lademöglichkeit für elektrisch betriebene Fahrzeuge auf einer ausschließlich dem Mieter zur Nutzung vermieteten Stellfläche erforderlich sind. Der Mieter kann vom Vermieter die Bestätigung einer mündlich erteilten Erlaubnis in Textform verlangen.

Auf diese neuen Entwicklungen muss sich die Wohnungswirtschaft frühzeitig einstellen und grundsätzliche Konzepte entwickeln, um Ihre Attraktivität im Markt zu erhöhen und nicht im Wildwuchs unterzugehen.

3. Grundlagen zur Bedarfsermittlung

3.1. Nutzerkennwerte

Der Ladebedarf und in der Folge auch der Lastbedarf von Elektrofahrzeugen leitet sich unmittelbar und ausschließlich aus der Nutzung und dem daraus ergebenden nachzuladenden Strombedarf, dem angestrebten Ladezustand der Batterie SOC (State of Charge) und der Ladezeit ab. Die nominale Ladeleistung des Fahrzeuges oder die Leistungsfähigkeit der Ladestation haben dabei nur eine nach oben begrenzende Wirkung in Bezug auf die Leistungsbereitstellung. Die Leitung bzw. die Größe der Batterie ist dabei unerheblich.

Beispiel 1:

Ein durchschnittlich genutzter Pkw in Deutschland hat nach Daten des Kraftfahrt-Bundesamtes eine Jahresfahrleistung von 14.000 km. Unter Berücksichtigung von episodisch auftretendem Fernfahren (z.B. Urlaub) liegt die durchschnittliche Tagesfahrleistung im Alltag bei 30-40 km¹³.

Bei einem angenommenen Verbrauch von 20 kWh je 100 km und einer Fahrstrecke von 35 km, ergibt sich daraus ein gemittelter Stromverbrauch von 7 kWh pro Tag. Bei einem angestrebten Nachladebedarf von 100 %, d.h. die Batterie soll am Ende des Ladevorgangs wieder vollgeladen sein (SOC 100), und einer Ladezeit von einer Stunde, ergibt sich daraus unter Einbeziehung von Ladeverlusten von 20% für den Ladepunkt ein Lastbedarf von rd. 8,6 kW.

Bei gleichen Parametern und einer Ladezeit von 7 Stunden liegt der Lastbedarf des Ladepunkts bei ca. 1,1 kW Leistung.

Tabelle 1: Annahmewerte Nutzungs- und Ladebedarf je Elektromobil

Parameter	
Durchschnittsnutzer	
durchschnittliche Fahrleistung je Kfz	14.000 km
Anteil Fernstrecke	10%
durchschnittliche Fahrleistung je Kfz ohne Fernstrecke	12.600 km
Fahrleistung pro Tag	35 km
Vielfahrer	
durchschnittliche Fahrleistung je Kfz	25.000 km
Anteil Fernstrecke	40%
durchschnittliche Fahrleistung je Kfz ohne Fernstrecke	15.000 km
Fahrleistung pro Tag	41 km
Anteil Vielfahrer	20%
Durchschnittliche Fahrleistung pro Tag	36 km
Parameter Ladebedarf	
Verbrauch 100 km	20,0 kWh
Verbrauch pro Tag	7,2 kWh
Ladezeitraum Nacht	7 Stunden
Anteil Nachtlader	90%
Wirkungsgrad	80%

¹³ Siehe auch Mobilität in Deutschland – MiD / Ergebnisbericht 2017: http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf

**Beispiel:**

Bei einem intensiv genutzten Pkw mit einer Tagesfahrleistung von 300 km liegt unter Annahme der o.a. Rahmenbedingungen der Lastbedarf bei einer Ladezeit von einer Stunde bei 72 kW, bei 7 Stunden bei ca. 10 kW.

3.2. Lastmanagement

Damit die zuvor dargestellte bedarfsorientierte Betrachtung bei der späteren Umsetzung auch in der täglichen Praxis umgesetzt werden kann, kommt dem Thema Lastmanagement eine entscheidende Rolle zu.

Das Lastmanagement ist eine Regelung für Ladestationen von Elektroautos für die Fälle, in denen ein lokales Stromnetz nicht ausreichend Ladeleistung für die angeschlossenen Ladestationen zur Verfügung stellen kann. Insbesondere in bestehenden Mehrfamilienhäusern sind die Hausanschlussleitungen unter Umständen nicht für das Laden von Elektroautos ausgelegt. Das Verstärken der Hausanschlüsse erfordert höhere Leiterquerschnitte und ist somit mit dickeren Kabeln verbunden. Da energietechnische Anlagen auf die Maximalleistung dimensioniert werden, verursacht diese Leistungssteigerung zusätzliche Kosten. Ein Lastmanagement kann diese Lastspitzen bis zu einem gewissen Grad samt dem ansonsten nötigen Ausbau und den damit verbundenen Kosten vermeiden.¹⁴ Für den im Wohnbaugebiet Zweibörn anvisierten Neubau werden sogleich zukunftsfähige Leistungsmaßstäbe auch für den Haushaltsstrom angelegt; siehe ab Kapitel 4.2.

Über das Lastmanagement kann somit die Leistungsbereitstellung bedarfsorientiert gesteuert werden. So kann z.B. einem Fahrzeug mit einem hohen Nachladebedarf und kurzer Ladezeit temporär mehr Leistung bereitgestellt werden, die dann bei anderen Ladevorgängen, die einen geringen Ladebedarf und mehr Ladezeit haben, reduziert wird.

¹⁴ Quelle: Wikipedia [https://de.wikipedia.org/wiki/Lastmanagement_\(Ladestation\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Lastmanagement_(Ladestation))



4. Bedarfsermittlung für das Wohngebiet Zweibörn

Die folgenden Berechnungen basieren auf dem Rahmenplanstand vom 01.07.2021. Das städtebauliche Konzept sieht die Bebauung überwiegend im Geschosswohnungsbau vor, vereinzelt im Übergang zum Wohnbestand an der Friedenstraße bzw. der nördlich gelegenen Kleingartenanlage auch mit Reihenhauszeilen und einer Mischung aus beiden Typologien.

Die private Parkierung wird im Reihenhausbau vorwiegend durch oberirdische Stellplätze bzw. Garagen und in den nördlichen Geschosswohnbaufeldern durch Tiefgaragen abgewickelt. Das Baufeld 9 ist geplant als Gemeinbedarfsfläche bzw. Baugrundstück für eine Kindertagesstätte. Da hier das klassische Bewohnerparken entfällt, wird das Baufeld 9 für die Bedarfsabschätzung nicht mitbetrachtet.

Als Baustein des nachhaltigen Mobilitätskonzepts ist für die südlichen Baufelder mit Geschosswohnen (Baufelder 1-3) eine zentralisierte private Parkierung in einer Hochgarage geplant (Mobilitätshaus mit zusätzlichen Mobilitätsdienstleistungen). Diese soll unmittelbar an der südlichen Primäerschließung verortet werden, um den Parkverkehr aus dem Quartier herauszuhalten. In der Hochgarage kann die E-Ladeinfrastruktur konzentriert werden, d.h. es können mit E-Ladesäulen ausgestatteten Stellplätze räumlich gebündelt z.B. 30 % aller Stellplätze der Hochgarage eingerichtet werden. (siehe Anhang II, Leitfaden zur Organisation der privaten LIS, Variante 5).

In den folgenden Ausführungen wird für die Hochgarage ein Stellplatzschlüssel von 0,7 Stellplätzen pro Wohneinheit angesetzt. Für die restlichen Baufelder wird mit 1,0 Stellplätzen je Wohneinheit kalkuliert.

4.1. Strom- und Lastbedarfsermittlung für die E-Mobilität

Unter der Annahme, der in Tabelle 1 dargestellten Parameter (7,2 kWh Verbrauch pro Tag, Wirkungsgrad 80%, Anteil Nachtlader 90%), ergibt sich ein durchschnittlicher Strombedarf je Fahrzeug/Ladepunkt von 8,6 kWh pro Tag.

Unter der Annahme einer Ladezeit von 7 Stunden ergibt sich ein maximaler Leistungsbedarf pro Stunde von 1,1 kW. Hieraus ermitteln sich bei Hochrechnung auf die Gesamtzahl der zu ladenden Fahrzeuge der in Tabelle 2 dargestellte maximale Lastbedarf je Stunde (Peak) und Garage/Baufeld.



Tabelle 2: Übersicht Lastbedarf mit Lastmanagement Baufelder Zweibörn mit 100%-E-Mobilität (100% der Parkplätze mit Ladepunkten und 100% Nutzung)

Baufeld	Zahl Stpl. gemäß Stpl. Satzung	Stellplatzanzahl nach Reduktion	Gebäudeart	Strombedarf je Ladepunkt pro Tag gem. Fahrleistung	Strombedarf pro Tag gesamt	Lastbedarf Peak pro Stunde
Hochgarage (für die Baufelder 1-3)	352	247	MFH	8,6 kWh	2.124 kWh	272 kW
4	28	28	MFH	8,6 kWh	241 kWh	31 kW
5.1	74	74	MFH	8,6 kWh	636 kWh	81 kW
5.2	74	74	MFH	8,6 kWh	636 kWh	81 kW
5.3	87	87	MFH	8,6 kWh	748 kWh	96 kW
6	68	68	RH/MFH	8,6 kWh	585 kWh	75 kW
7.1	14	14	RH	8,6 kWh	120 kWh	15 kW
7.2	22	22	RH	8,6 kWh	189 kWh	24 kW
8	30	30	RH/MFH	8,6 kWh	258 kWh	33 kW
9	0	0	Kita	8,6 kWh	0 kWh	0 kW
Summe	749	644			5.538 kWh	708 kW

Unter Berücksichtigung des Hochlaufs der Elektromobilität ergeben sich je nach Stand der Marktdurchdringung (100% / 75% / 50% / 25%) die nachfolgend dargestellten Last- und Strombedarfe.

Tabelle 3: Übersicht Lastbedarf mit Lastmanagement für die Baufelder Zweibörn p.a. nach Marktdurchdringung der E-Mobilität

Baufeld	100% E-Mobilität		75% E-Mobilität		50% E-Mobilität		25% E-Mobilität	
	Anzahl Ladepunkte	Ladebedarf Peak pro Stunde						
Hochgarage	247	272 kW	185	204 kW	124	136 kW	62	68 kW
4	28	31 kW	21	23 kW	14	15 kW	11	12 kW
5.1	74	81 kW	56	61 kW	37	41 kW	28	31 kW
5.2	74	81 kW	56	61 kW	37	41 kW	28	31 kW
5.3	87	96 kW	65	72 kW	44	48 kW	33	36 kW
6	68	75 kW	51	56 kW	34	37 kW	26	28 kW
7.1	14	15 kW	11	12 kW	7	8 kW	5	6 kW
7.2	22	24 kW	17	18 kW	11	12 kW	8	9 kW
8	30	33 kW	23	25 kW	15	17 kW	11	12 kW
Summe	644	708 kW	483	531 kW	322	354 kW	211	232 kW



Tabelle 4: Übersicht Strombedarf für Elektromobilität für die Baufelder Zweibörn p.a. nach Marktdurchdringung der E-Mobilität

Baufeld	Stellplatzanzahl nach Reduktion	Strombedarf je Ladepunkt pro Tag gem. Fahrleistung	Strombedarf gesamt pro Jahr mit Nutzung der E-Mobilität zu			
			25%	50%	75%	100%
Hochgarage für Baufelder 1.1 bis 3.2	247	8,6 kWh	193,8 MWh	387,7 MWh	581,5 MWh	775,3 MWh
4	28	8,6 kWh	22,0 MWh	43,9 MWh	65,9 MWh	87,9 MWh
5.1	74	8,6 kWh	58,1 MWh	116,1 MWh	174,2 MWh	232,3 MWh
5.2	74	8,6 kWh	58,1 MWh	116,1 MWh	174,2 MWh	232,3 MWh
5.3	87	8,6 kWh	68,3 MWh	136,5 MWh	204,8 MWh	273,1 MWh
6	68	8,6 kWh	53,4 MWh	106,7 MWh	160,1 MWh	213,5 MWh
7.1	14	8,6 kWh	11,0 MWh	22,0 MWh	33,0 MWh	43,9 MWh
7.2	22	8,6 kWh	17,3 MWh	34,5 MWh	51,8 MWh	69,1 MWh
8	30	8,6 kWh	23,5 MWh	47,1 MWh	70,6 MWh	94,2 MWh
Summe	644		505,4 MWh	1.010,8 MWh	1.516,1 MWh	2.021,5 MWh

4.2. Strom- und Lastbedarfsermittlung für den Haushaltsstrom

Als Ansatz für die weiteren Berechnungen wird ein durchschnittlicher Verbrauch je Wohneinheit von ca. 2.600 kWh p.a. angesetzt und der Tagesleistungsverlauf – unterschieden in übliche Stromverbräuche an einem Werktag im Winter bzw. Sommer - als Standardlastprofil H0 bezeichnet (siehe Abbildung 4).

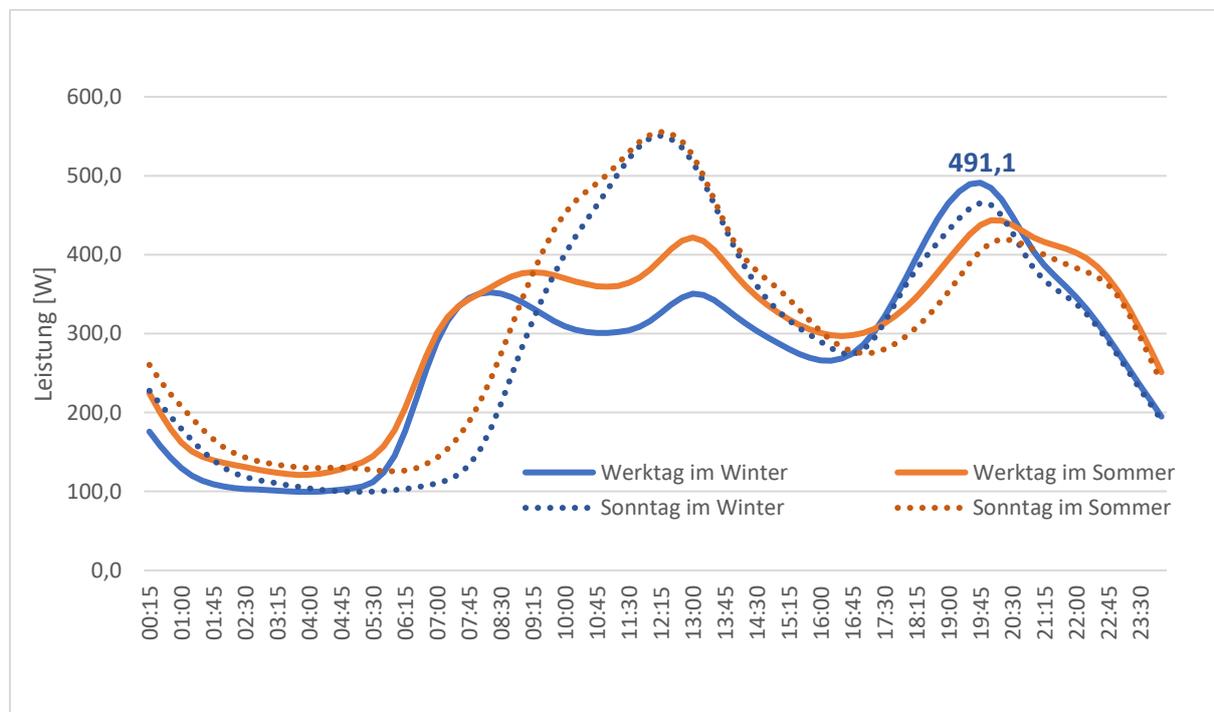


Abbildung 4: Tagesleistungsverlauf Strom in einer Wohneinheit mit einem Jahresverbrauch von 2.600 kWh auf Grundlage Standardlastprofil (H0)

Unter Zugrundelegung dieser Annahmen ergibt sich der nachfolgende Leistungsbedarf für die jeweiligen Baufelder. Für die Dimensionierung der Grundstücksanschlussleistungen ist allerdings nicht dieser statistisch gemittelte Stromverbrauch von bis ca.



490 W pro WE in der Abendspitze maßgeblich. Stattdessen sind unter Beachtung von Gleichzeitigkeitsfaktoren deutlich höhere Leistungen (Wirkleistung kVA bzw. leicht geringere Scheinleistung kW) gemäß der DIN 18015 Kurve A und B¹⁵ zuzusichern. Im Zweibörn wird von der Versorgungsart Fernwärme ausgegangen, weshalb die DIN-Werte für den Leistungsbedarf ohne elektrische Warmwasserbereitung anzuwenden sind. Je nach Anzahl der Wohneinheiten kann in großen Baufeldern mit 1 kW/WE bis zu 3,0 kW/WE für kleinere Reihenhausbaufeldern gerechnet werden.

Tabelle 5: Auslegung der Stromanschlussleistung je Wohneinheit

Baufeld	Wohneinheiten	Auslegung der Stromleistung je Wohneinheit	Leistungsspitze für die Auslegung der Wohneinheiten	Leistungsspitze laut H0-Profil an einem Werktag	Faktor Auslegung zu H0-Profil
1.1	104	1,0 kW/WE	104 KW	51 KW	2,0
1.2	161	1,0 kW/WE	161 KW	79 KW	2,0
2	20	3,0 kW/WE	60 KW	10 KW	6,1
3.1	31	3,0 kW/WE	93 KW	15 KW	6,1
3.2	36	3,0 kW/WE	108 KW	18 KW	6,1
Zwischensumme 1.1 bis 3.2	352	1,5 kW/WE	526 KW	173 KW	3,0
4	28	1,5 kW/WE	42 KW	14 KW	3,1
5.1	74	1,5 kW/WE	111 KW	36 KW	3,1
5.2	74	1,5 kW/WE	111 KW	36 KW	3,1
5.3	87	1,5 kW/WE	131 KW	43 KW	3,1
6	68	1,5 kW/WE	102 KW	33 KW	3,1
7.1	14	3,0 kW/WE	42 KW	7 KW	6,1
7.2	22	3,0 kW/WE	66 KW	11 KW	6,1
8	30	3,0 kW/WE	90 KW	15 KW	6,1
9	0	0,0 kW/WE	0 KW	0 KW	
Summe	749	1,6 kW/WE	1.221 KW	368 KW	3,3

Damit übersteigt die zuzusichernde Leistung ein Vielfaches dessen, was das Standardlastprofil (H0) erfordert.

Tatsächlich muss der effektive Leistungsbedarf nach DIN nicht konform gehen mit den beantragten Grundstücksanschlüssen der jeweiligen Bauträger, die aus Erfahrungen des städtischen Netzbetreibers häufig deutlich höhere Anschlussleistungen beantragen. Dennoch sollen die DIN-Orientierungswerte hier als Berechnungsbasis genügen.

Der Strombedarf für die Wohnungen in den gesamten Baufeldern ist nur bedingt abhängig von der Stromleistung und wird demnach in Summe bei ca. 2.000 MWh/a liegen, ähnlich hoch wie der E-Ladebedarf bei 100% E-Mobilität. In Summe ist über alle Baufelder ein Gesamtstrombedarf (Haushaltsstrom nach Standardlastprofil (H0) + E-Laden) von ca. 4.000 MWh/a und mehr zu erwarten; siehe Tabelle 6.

¹⁵ https://www.sw-netz.de/wp-content/uploads/17-leistungen_wohngebude.pdf

Fazit:

Die gemäß DIN 18015 zuzusichernde Leistung für den Haushaltsstrom übersteigt die Leistungsspitze im durchschnittlichen Verbraucherverhalten um das zwei- bis sechsfache. Des Weiteren fallen im Nachtzeitraum kaum Haushaltsverbräuche an. Gerade nachts aber werden E-Mobile in der Regel geladen. Es ist davon auszugehen, dass die Auslegung des Grundstücksanschlusses nach DIN mehr als ausreichend ist, um auf den Baufeldern auch auskömmliche private E-Ladeinfrastruktur zu betreiben. Damit die Gleichzeitigkeitsfaktoren gemäß DIN nicht durch eine E-Ladeinfrastruktur relativiert werden, sollte zur Vermeidung von Leistungsausfällen das E-Laden mit Lastmanagement funktionieren.

Einen Sonderfall bildet die Hochgarage für die Baufelder 1-3, die sicherlich einen gesonderten Netzanschluss erhalten wird mit z.B. 2,3 MB wie im Falle eines weiteren geplanten Projekts im Wiesbadener Stadtgebiet zzgl. einer baulich integrierten Trafostation. Somit ist die Hochgarage autark gegenüber den Restriktionen der Haushaltsverbräuche und wird vermutlich auch nicht über PV-Anlagen auf den Dachflächen von Wohngebäuden gespeist werden. Deshalb wird im Weiteren nur die Dachfläche der Hochgarage als PV-Potentialfläche angerechnet werden.

Tabelle 6: Gesamtstrombedarf für Wohnungen und Elektromobilität nach Marktdurchdringung der E-Mobilität

Baufeld	Stromverbrauch Wohnungen	Strombedarf gesamt pro Jahr mit Nutzung der E-Mobilität zu							
		25%		50%		75%		100%	
		Ladebedarf	Gesamt	Ladebedarf	Gesamt	Ladebedarf	Gesamt	Ladebedarf	Gesamt
1.1	270,4 MWh								
1.2	418,6 MWh								
2	52,0 MWh								
3.1	80,6 MWh								
3.2	93,6 MWh								
Zwischensumme 1.1 bis 3.2	915,2 MWh	193,8 MWh	1.109,0 MWh	387,7 MWh	1.302,9 MWh	581,5 MWh	1.496,7 MWh	775,3 MWh	1.690,5 MWh
4	72,8 MWh	22,0 MWh	94,8 MWh	43,9 MWh	116,7 MWh	65,9 MWh	138,7 MWh	87,9 MWh	160,7 MWh
5.1	192,4 MWh	58,1 MWh	250,5 MWh	116,1 MWh	308,5 MWh	174,2 MWh	366,6 MWh	232,3 MWh	424,7 MWh
5.2	192,4 MWh	58,1 MWh	250,5 MWh	116,1 MWh	308,5 MWh	174,2 MWh	366,6 MWh	232,3 MWh	424,7 MWh
5.3	226,2 MWh	68,3 MWh	294,5 MWh	136,5 MWh	362,7 MWh	204,8 MWh	431,0 MWh	273,1 MWh	499,3 MWh
6	176,8 MWh	53,4 MWh	230,2 MWh	106,7 MWh	283,5 MWh	160,1 MWh	336,9 MWh	213,5 MWh	390,3 MWh
7.1	36,4 MWh	11,0 MWh	47,4 MWh	22,0 MWh	58,4 MWh	33,0 MWh	69,4 MWh	43,9 MWh	80,3 MWh
7.2	57,2 MWh	17,3 MWh	74,5 MWh	34,5 MWh	91,7 MWh	51,8 MWh	109,0 MWh	69,1 MWh	126,3 MWh
8	78,0 MWh	23,5 MWh	101,5 MWh	47,1 MWh	125,1 MWh	70,6 MWh	148,6 MWh	94,2 MWh	172,2 MWh
Summe	1.947,4 MWh	505,4 MWh	2.452,8 MWh	1.010,8 MWh	2.958,2 MWh	1.516,1 MWh	3.463,5 MWh	2.021,5 MWh	3.968,9 MWh
Anteil Ladung am Gesamtbedarf		21%		34%		44%		51%	

4.3. Lastmanagement für E-Mobilität

Wie einleitend dargestellt kommt der Anwendung eines Lastmanagements eine wichtige Bedeutung zu.

Bei einem beispielhaften Ladeszenario für das Baufeld 5.1 mit 74 Stellplätzen und 37 E-Fahrzeugen (Marktdurchdringung 50%) mit einer maximalen Ladeleistung der Fahrzeuge von 11 kW, könnte ohne Lastmanagement nur durch die Ladung der Elektrofahrzeuge eine Stromleistungsspitze von ca. 130 KW entstehen.

Mit einem Lastmanagement lässt sich die Stromleistungsspitze um ca. 75% auf ca. 35 KW begrenzen.

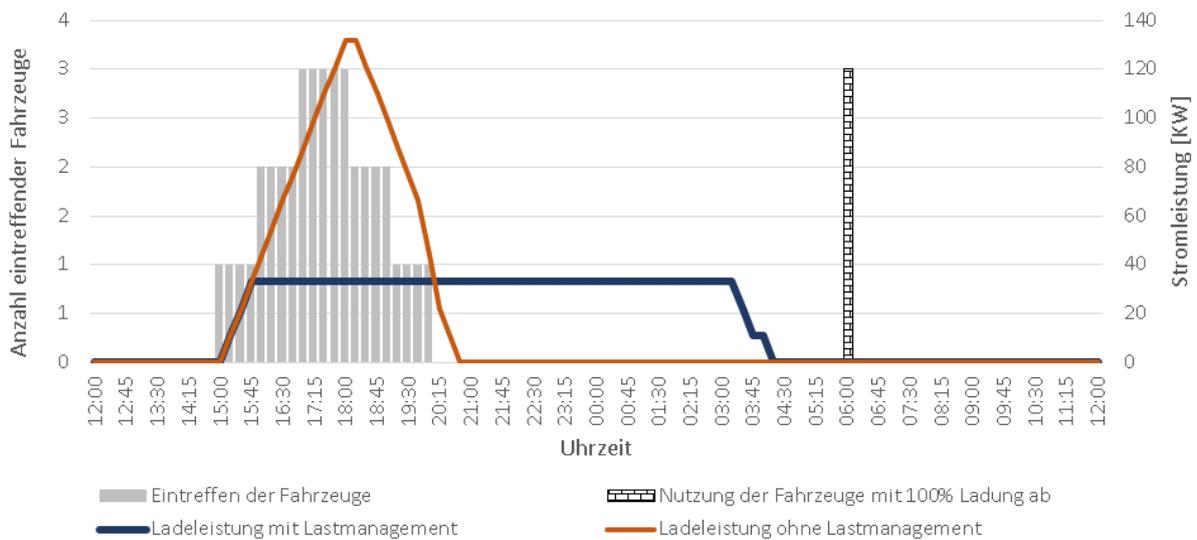


Abbildung 5: Beispielhafter Lastgang der Hochgarage mit 37 E-Fahrzeugen

Bei der Zusammenführung der Lastgänge aus Wohneinheiten und Ladeinfrastruktur wird deutlich, dass bei ungesteuerter Ladung die Stromleistungsspitze in den Wohnungen voraussichtlich zur gleichen Zeit mit dem Peak der Ladung von Elektrofahrzeugen zusammenfällt. Zusammenfassend würde in dem Baufeld 5.1 durch die Ladung die Stromleistungsspitze von ca. 34 KW auf ca. 160 KW ansteigen, wenn kein Lastmanagement eingesetzt würde. Die Dimensionierung der Leistung für die Wohnungen würde mit ca. 111 KW damit bereits überschritten werden.

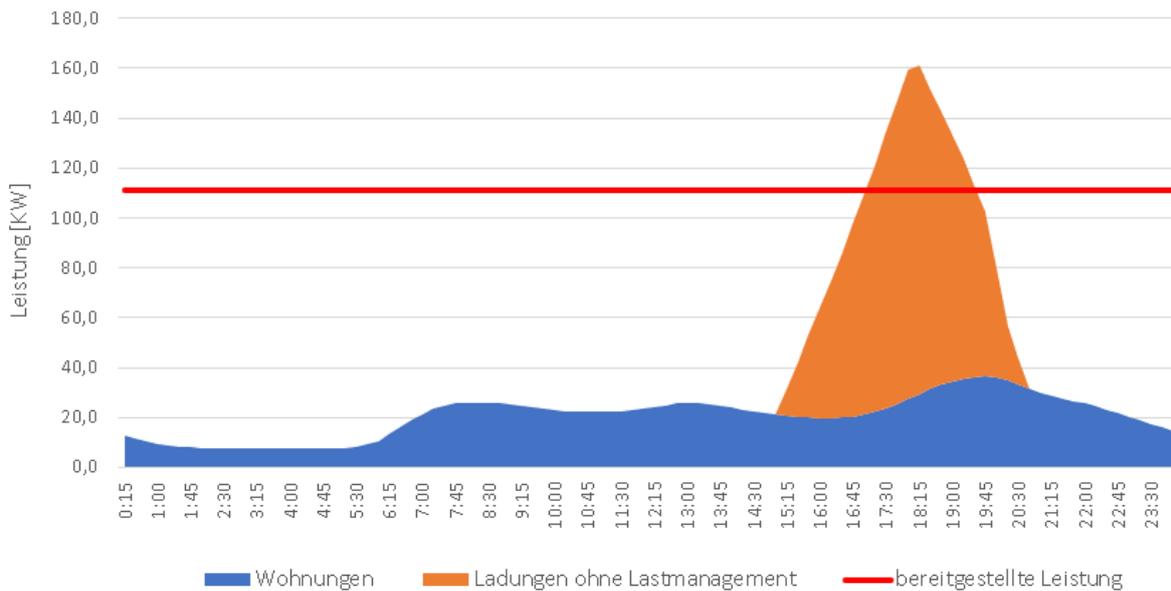


Abbildung 6: Tagesleistungsverlauf Strom in dem Baufeld 5.1 für 74 Wohneinheiten und Ladung von 37 Fahrzeugen in dem Baufeld ohne Lastmanagement

Durch den konsequenten Einsatz eines dynamischen Lastmanagements sollte sich die maximale Stromlast nur geringfügig über der Stromleistung der Wohnungen („Das Einschlafen der Fahrzeuge durch zu geringe Ladeleistung muss verhindert werden“) einzustellen sein.

Die Stromlast in dem Bereich könnte auf eine Größenordnung von ca. 90 KW begrenzt werden und würde somit bei ca. 80% der bereitgestellten Leistung liegen.

Alle Fahrzeuge können rechtzeitig vor dem Nutzungszeitraum vollgeladen werden.

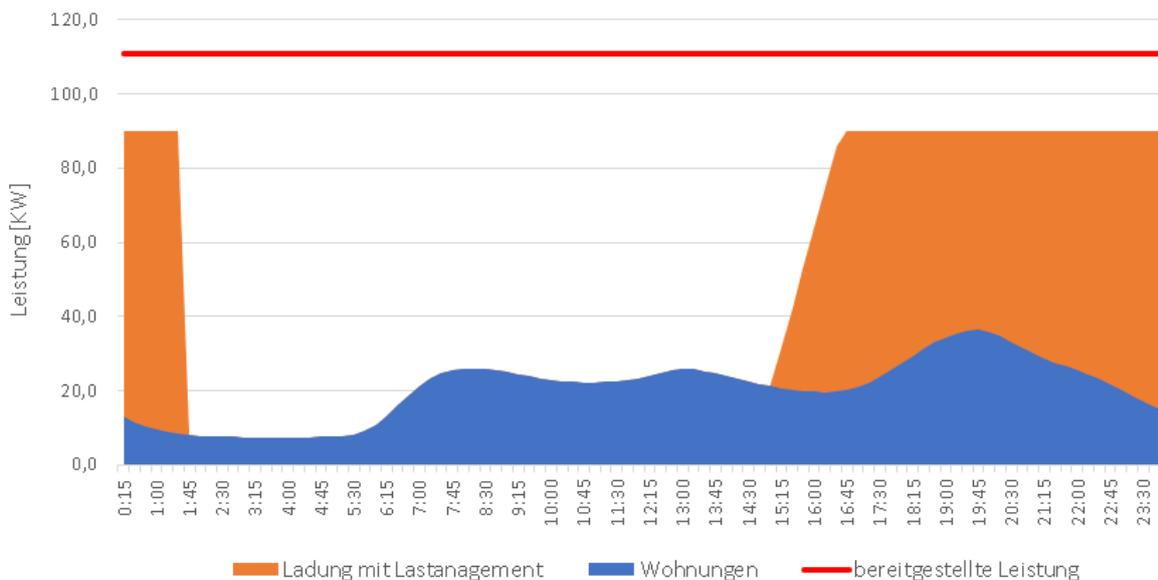


Abbildung 7: Tagesleistungsverlauf Strom in dem Baufeld 5.1 für 74 Wohneinheiten und Ladung von 38 Fahrzeugen in dem Baufeld mit Lastmanagement



Grundsätzlich besteht bei diesem Ansatz jedoch die Herausforderung, dass der Einsatz eines Lastmanagements durch den Verteilnetzbetreiber oft nicht berücksichtigt wird, da in lokalen technischen Anschlussbedingungen der Strom (TAB) nicht berücksichtigt ist. Dies kann in der Folge dazu führen, dass in Bezug auf die Berechnung der Leistung des Netzanschlusses, unabhängig vom realen Bedarf, die maximale Anschlussleistung der Ladepunkte/-stationen zugrunde gelegt wird. Hier kann es in der Folge zu erheblichen Netzanschlusskosten kommen.

4.4. Nutzung lokal und regenerativ erzeugter Energie

Elektromobilität kann nur durch die konsequente Nutzung von regenerativ erzeugtem Strom einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Vor diesem Hintergrund kommt der Nutzung von lokal und regenerativ erzeugter Energie eine besondere Bedeutung zu.

Für das Quartier Zweibörn ergibt sich das nachfolgend dargestellte Potenzial zur Stromerzeugung aus erneuerbarer Energie per Photovoltaik (PV) auf den Dachflächen der Wohngebäude.

- unter der Annahme, dass auf einer PV-Fläche von 1,0 m² pro Jahr ca. 190 kWh¹⁶ Strom erzeugt werden können
- unter Zugrundelegung der Mindestanforderungen nach Gebäudeenergiegesetz (GEG): Nennleistung (KWp) ergibt sich aus Nettogeschossfläche / x Vollgeschosse Faktor 0,03

Tabelle 7: Mögliches Potenzial zur Erzeugung erneuerbarer Energien und Mindestanforderungen nach Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Baufeld	Typ	WE	Grundfläche Baukörper	Dachfläche	Faktor	Anzahl Geschosse	BGF	Faktor	NGF	Faktor	min .PV-Leistung nach GEG	PV-Fläche	
												Fläche	Anteil Dachfläche
1.1	MFH	104	3.177 m ²										
1.2	MFH	161	2.875 m ²										
2	MFH	20	941 m ²										
3.1	MFH	31	837 m ²										
3.2	MFH	36	764 m ²										
Hochgarage für Baufelder 1.1 bis 3.2	MFH			1.680 m ²							55 KWp	286 m ²	17%
4	MFH	28	1.150 m ²	862 m ²	0,75	4	4.598 m ²	0,83	3.816 m ²	0,03	29 KWp	147 m ²	17%
5.1	MFH	74	1.530 m ²	1.148 m ²	0,75	4	6.120 m ²	0,83	5.080 m ²	0,03	38 KWp	196 m ²	17%
5.2	MFH	74	1.530 m ²	1.148 m ²	0,75	4	6.120 m ²	0,83	5.080 m ²	0,03	38 KWp	196 m ²	17%
5.3	MFH	87	1.566 m ²	1.175 m ²	0,75	4	6.264 m ²	0,83	5.199 m ²	0,03	39 KWp	201 m ²	17%
6	RH/MFH	68	1.971 m ²	1.542 m ²	0,78	4	7.884 m ²	0,83	6.544 m ²	0,03	49 KWp	253 m ²	16%
7.1	RH	14	840 m ²	630 m ²	0,75	2	1.680 m ²	0,83	1.394 m ²	0,03	21 KWp	108 m ²	17%
7.2	RH	22	1.320 m ²	990 m ²	0,75	2	2.640 m ²	0,83	2.191 m ²	0,03	33 KWp	169 m ²	17%
8	RH/MFH	30	1.233 m ²	925 m ²	0,75	4	4.932 m ²	0,83	4.094 m ²	0,03	31 KWp	158 m ²	17%
9	Kita	0	675 m ²										
Summe	757	757	20.408 m²	10.098 m²	0,49		40.238 m²	0,00	33.398 m²	0,00	333 KWp	1.714 m²	17%

Ein Abgleich der möglichen Stromerzeugung nach GEG mit dem Strombedarf der Elektrofahrzeuge zeigt, dass bei einer PV-Min.-Belegung nach GEG und einer E-Mobilitätsnutzung von 50% der Strombedarf im gesamten Baufeld zu ca. 11% gedeckt werden kann.

¹⁶ PV-Modul (1,7m x 1,0m, 330Wp; 982 kWh/KWp – Standort Wiesbaden)



Tabelle 8: Abgleich der möglichen Stromerzeugung mit dem Strombedarf der Elektrofahrzeuge bei PV-Min.-Belegung nach GEG und einer Marktdurchdringung von 50% Elektrofahrzeugen

Baufeld	PV-Erzeugung			25% E-Mobilität		50% E-Mobilität		75% E-Mobilität		100% E-Mobilität	
	Anteil Dachfläche	Leistung	Erzeugung	Strombedarf Gesamt	Anteil PV Erzeugung	Strombedarf Gesamt	Anteil PV Erzeugung	Strombedarf Gesamt	Anteil PV Erzeugung	Strombedarf Gesamt	Anteil PV Erzeugung
1.1	0%	0 KWp	0 MWh								
1.2	0%	0 KWp	0 MWh								
2	0%	0 KWp	0 MWh								
3.1	0%	0 KWp	0 MWh								
3.2	0%	0 KWp	0 MWh								
Hochgarage für Baufelder 1.1 bis 3.2	17%	55 KWp	54 MWh	1.109 MWh	5%	1.303 MWh	4%	1.497 MWh	4%	1.691 MWh	3%
4	17%	29 KWp	28 MWh	95 MWh	30%	117 MWh	24%	139 MWh	20%	161 MWh	17%
5.1	17%	38 KWp	37 MWh	250 MWh	15%	309 MWh	12%	367 MWh	10%	425 MWh	9%
5.2	17%	38 KWp	37 MWh	250 MWh	15%	309 MWh	12%	367 MWh	10%	425 MWh	9%
5.3	17%	39 KWp	38 MWh	294 MWh	13%	363 MWh	11%	431 MWh	9%	499 MWh	8%
6	16%	49 KWp	48 MWh	230 MWh	21%	284 MWh	17%	337 MWh	14%	390 MWh	12%
7.1	17%	21 KWp	21 MWh	47 MWh	43%	58 MWh	35%	69 MWh	30%	80 MWh	26%
7.2	17%	33 KWp	32 MWh	74 MWh	43%	92 MWh	35%	109 MWh	30%	126 MWh	26%
8	17%	31 KWp	30 MWh	102 MWh	30%	125 MWh	24%	149 MWh	20%	172 MWh	18%
9	0%	0 KWp	0 MWh	00 MWh	0%						
Summe	17%	333 KWp	327 MWh	2.453 MWh	13%	2.958 MWh	11%	3.464 MWh	9%	3.969 MWh	8%

Bei einer PV-Belegung von 60% der Dachfläche und einer E-Mobilitätsnutzung von 50% kann der Strombedarf im gesamten Baufeld zu ca. 39% gedeckt werden.

Tabelle 9: Abgleich der möglichen Stromerzeugung mit dem Strombedarf der Elektrofahrzeuge bei einer PV-Belegung von 60% der Dachfläche und einer E-Mobilitätsnutzung von 50%

Baufeld	PV-Erzeugung			25% E-Mobilität		50% E-Mobilität		75% E-Mobilität		100% E-Mobilität	
	Anteil Dachfläche	Leistung	Erzeugung	Strombedarf Gesamt	Anteil PV Erzeugung	Strombedarf Gesamt	Anteil PV Erzeugung	Strombedarf Gesamt	Anteil PV Erzeugung	Strombedarf Gesamt	Anteil PV Erzeugung
1.1		0 KWp	0 MWh								
1.2		0 KWp	0 MWh								
2		0 KWp	0 MWh								
3.1		0 KWp	0 MWh								
3.2		0 KWp	0 MWh								
Hochgarage für Baufelder 1.1 bis 3.2	60%	196 KWp	192 MWh	1.109 MWh	17%	1.303 MWh	15%	1.497 MWh	13%	1.691 MWh	11%
4	60%	100 KWp	99 MWh	95 MWh	104%	117 MWh	84%	139 MWh	71%	161 MWh	61%
5.1	60%	134 KWp	131 MWh	250 MWh	52%	309 MWh	43%	367 MWh	36%	425 MWh	31%
5.2	60%	134 KWp	131 MWh	250 MWh	52%	309 MWh	43%	367 MWh	36%	425 MWh	31%
5.3	60%	137 KWp	134 MWh	294 MWh	46%	363 MWh	37%	431 MWh	31%	499 MWh	27%
6	60%	172 KWp	169 MWh	230 MWh	73%	284 MWh	60%	337 MWh	50%	390 MWh	43%
7.1	60%	73 KWp	72 MWh	47 MWh	152%	58 MWh	123%	69 MWh	104%	80 MWh	90%
7.2	60%	115 KWp	113 MWh	74 MWh	152%	92 MWh	123%	109 MWh	104%	126 MWh	90%
8	60%	108 KWp	106 MWh	102 MWh	104%	125 MWh	85%	149 MWh	71%	172 MWh	61%
9	0%	0 KWp	0 MWh	00 MWh	0%						
Summe	0%	1.169 KWp	1.148 MWh	2.453 MWh	47%	2.958 MWh	39%	3.464 MWh	33%	3.969 MWh	29%

Voraussetzung zur Nutzung dieser Potenziale ist die Nutzung von Speicherkapazitäten, da die Erzeugungsmengen aus der PV-Anlage zeitlich nicht mit dem Energiebedarf übereinstimmen. Sofern keine Speicher eingesetzt werden, wird es tagsüber zu Netzeinspeisungen kommen. Durch den zusätzlichen Einsatz von Batteriespeichern kann hingegen die Nutzung der PV-erzeugten Strommengen erhöht werden.

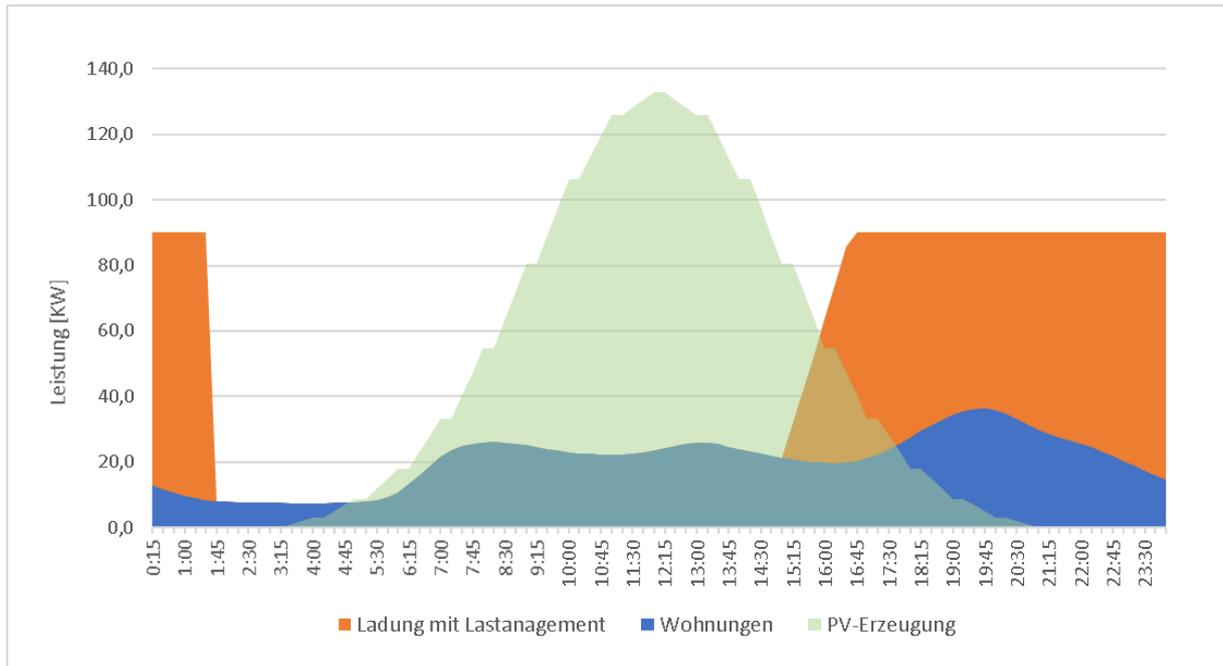


Abbildung 8: Tagesleistungsverlauf Strom in dem Baufeld 5.1 für 74 Wohneinheiten und Ladung von 38 Fahrzeugen mit Lastmanagement und mit PV-Erzeugung

Insgesamt kann durch Einsatz von Lastmanagement und lokaler regenerativer Energieerzeugung (PV) sowie Nutzung von Speichersystemen je nach Größe der PV-Anlage und Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen eine Autarkiequote von bis zu 26% für die Gesamtnutzung (Wohnen und Laden Elektrofahrzeuge) erzielt werden.

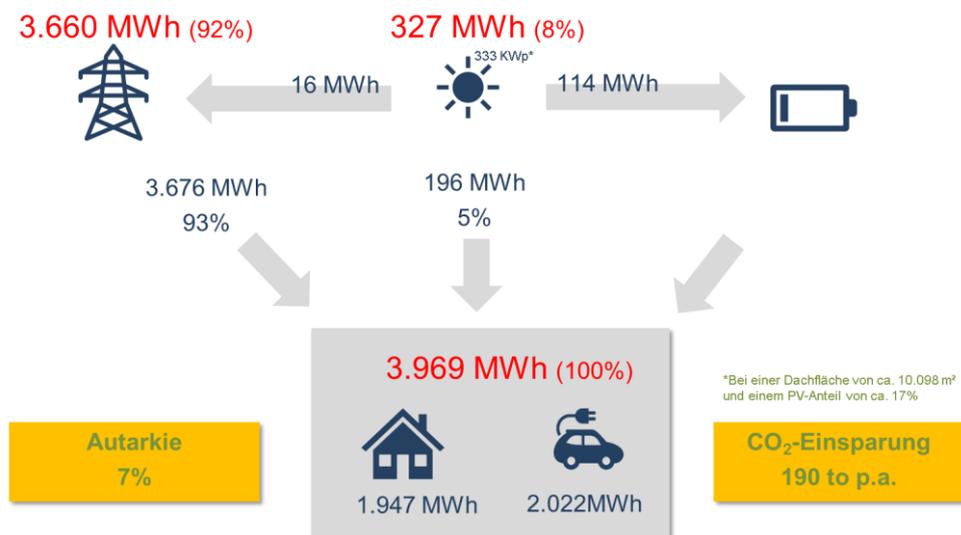


Abbildung 9: Energiefluss über ein Jahr bezogen auf alle Baufelder Zweibörn mit 100% E-Mobilität und PV-Belegung nach GEG (17% Dachfläche)

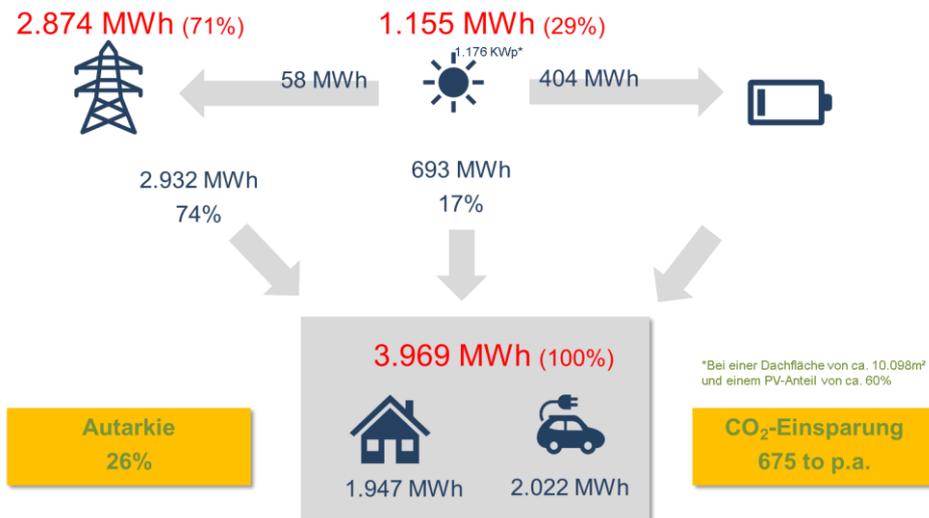


Abbildung 10: Energiefluss über ein Jahr bezogen auf alle Baufelder Zweibörn mit 100% E-Mobilität und 60% Dachfläche mit PV

5. Potenziale für öffentliche Ladeinfrastruktur

Grundsätzlich stellt der Betrieb von öffentlicher AC-Ladeinfrastruktur eine große Herausforderung dar, da die Errichtung strukturell, durch Tiefbau und aufwändig konstruierte Ladestationen (z.B. Vandalismus-Sicherheit), mit sehr hohen Kosten verbunden ist, die tendenziell deutlich über denen von geschlossenen Parkflächen / Tiefgaragen liegen. Gleichzeitig ist der Nutzwert für Fahrzeuge mit Ladebedarf durch die Unkalkulierbarkeit der Nutzungsmöglichkeit, (Reservieren von Parkflächen im öffentlichen Raum nicht zulässig / Falschparker) eher gering. In der Folge ist es für einen Betreiber schwierig, ein profitables Geschäftsmodell zu entwickeln.

Da es im zukünftigen Wohnquartier Zweibörn eine weitreichende Ausstattung der Baufelder mit Ladestationen zur Alltagsversorgung für die BewohnerInnen gibt, wird das Nutzungspotenzial für öffentliche Ladeinfrastruktur aus dieser Gruppe als sehr gering bewertet.¹⁷ Potenzielle Nutzer wären in diesem Fall nur Fahrzeuge, die nicht an den Ladestationen der Baufelder laden können, z.B. Besucher. Diese Gruppe wird vermutlich für einen wirtschaftlichen Betrieb nur schwerlich ausreichen. Mögliche Synergieeffekte durch eine Nutzung von Beschäftigten aus benachbarten Gewerbegebieten ist nicht zu erwarten, da immer mehr Tarifmodelle durch die neu eingeführten Zeitkomponenten sehr unattraktiv für diese Gruppe sind.

Für BewohnerInnen und BesucherInnen kann jedoch die Verfügbarkeit von DC-Schnellladestationen eine gute Ergänzung darstellen. Der Betrieb einer Schnellladestation im Quartier ist aus Nutzersicht wünschenswert, wird sich aus Betreibersicht aufgrund des Business-Cases jedoch nur schwer abbilden lassen. Aufgrund Ihrer sehr hohen Investitions- und Betriebskosten, benötigen DC-Schnelllader einen hohen Umsatz. Dazu sind Ladevorgänge mit kurzen Standzeiten (z.B. Supermärkte, Einzelhandel Dienstleistungszentren) und Standorte mit einer hohen Fluktuation (z.B. Supermärkte, stark genutzte Verkehrsachsen) geeignet. Für das Quartier Zweibörn soll ein Nahversorgerstandort gefunden werden, der jedoch mit kleiner Verkaufsfläche (< 800m²) und reduzierter Kunden-Stellplatzanzahl bewusst auf die fußläufige Kundenschaft ausgerichtet sein soll. Weitere Nutzungen für die Eignung von DC-Schnellladestationen sind nicht vorgesehen. Mit Ausnahme des Nahversorgers wird nicht erwartet, dass ein Betreiber für DC-Ladestationen gefunden werden kann.¹⁸

Hinzu kommt, das aktuell durch die Schnellladeinitiative der Bundesregierung (Deutschlandnetz) ein weitreichendes Netz an Schnellladestationen zu sehr günstigen Nutzungskonditionen (geplant 44ct./kWh) entstehen wird, mit dem sich diese Ladeinfrastruktur in Wettbewerb begeben wird. Die Schnellladestationen werden sicherlich an den Hauptverkehrsachsen wie z.B. die Berliner Straße installiert und nicht in einem Wohngebiet verortet werden.

¹⁷ vgl. hierzu auch Elektromobilitätskonzept der Landeshauptstadt Wiesbaden für den Individualverkehr S. 45 ff. <https://www.wiesbaden.de/leben-in-wiesbaden/verkehr/elektromobilitaet/e-mobilitaetskonzept.php>

¹⁸ ebenda S. 50 ff.

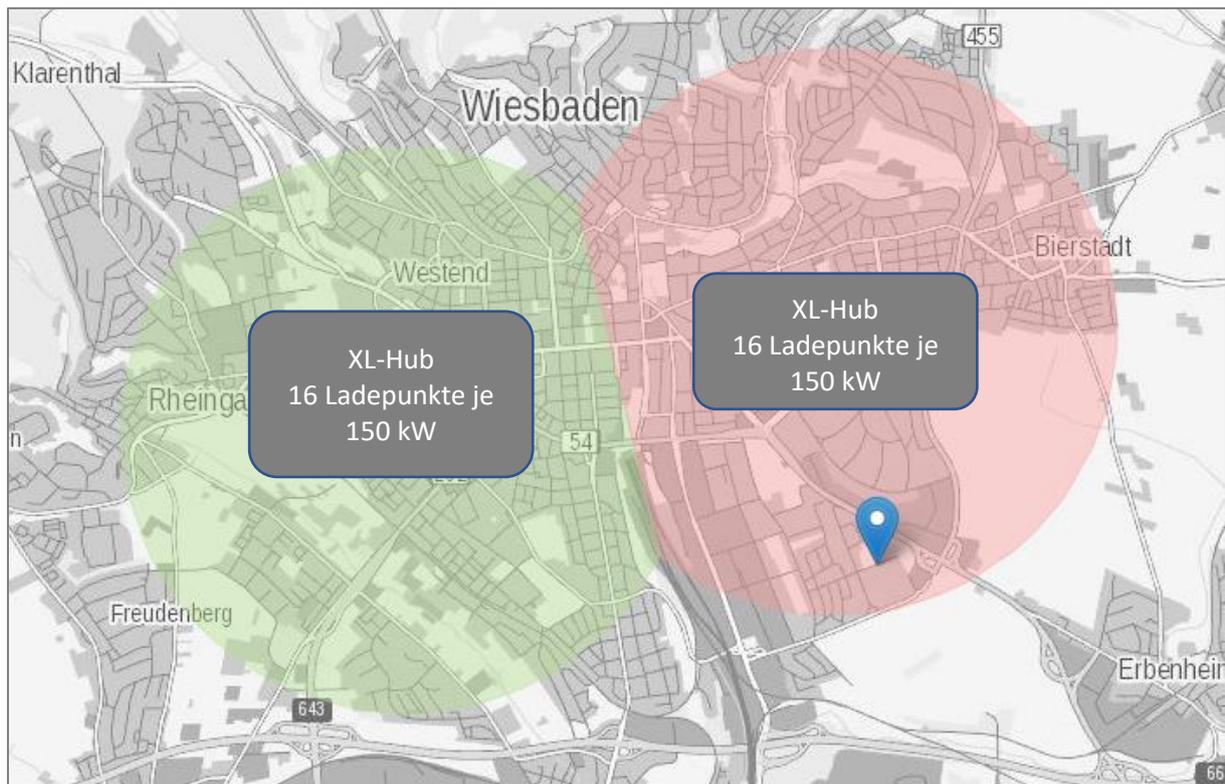


Abbildung 11: Suchräume und Größe der geplanten Schnellladehubs des Deutschlandnetzes in Wiesbaden (Quelle: NOW <https://www.standortool.de/strom/deutschlandnetz/>)

Vor diesem Hintergrund sollten somit nur sehr wenige öffentliche AC-Ladepunkte an der Planstraße (2-4 Ladepunkte mit einer Leistung von bis zu 22 kW) im Umfeld der geplanten Mobilitätsstation als Notladestation vorgesehen werden. Da davon ausgegangen werden kann, dass sofern die dargestellte Versorgung in den Baufeldern erfolgt, die Nutzung dieser Stationen eher gering sein wird, wird es schwer hierfür einen Betreiber zu finden.

Ladestationen für stationäre CarSharing-Fahrzeuge sind hiervon gesondert zu betrachten, da es sich hierbei um individuelle Ladestationen zur ausschließlichen Nutzung durch die CarSharing-Fahrzeuge handelt. Eine gemischte Nutzung eines Ladepunkts (öffentlich und CarSharing) ist nicht möglich, da dies den störungsfreien Betrieb des CarSharings stark negativ beeinflussen würde.

6. Anhang

Anhang I - Weitere Informationsquellen

Hessisches Ministerium WEVW, Initiative Strom bewegt!

[Broschüre „Ladeinfrastruktur in Kommunen und Unternehmen“](#)

[Broschüre „Private Ladeinfrastruktur“](#)

VDE

[Der Technische Leitfaden Ladeinfrastruktur Elektromobilität](#)

Projekt WINNER (Förderprogramm BMW: IKT für Elektromobilität III

[Leitfaden Ladeinfrastruktur und Elektromobilität für die Wohnungswirtschaft](#)

Elektromobilität NRW

[Elektromobilität für die Wohnungswirtschaft](#)

Landesagentur e-mobil BW

[Leitfaden zu Ladeinfrastruktur in Bestandsimmobilien](#)



Anhang II - Leitfaden zur Organisation für die private Ladeinfrastruktur

Die Nutzung von Ladeinfrastruktur in Wohnimmobilien kann auf unterschiedliche Arten erfolgen. Maßgeblich für die Art der Beistellung sind hierbei u.a. die örtlichen Gegebenheiten (Altbestand / Neubau), die Eigentümerstrukturen, die bestehende Organisation der Parkraumbewirtschaftung, die Verfügbarkeit von Flächen sowie die Mieterstruktur insbesondere Kostensensibilität.

Da es somit nicht die eine optimale Lösung zur Organisation des Ladeinfrastruktur für alle Fälle gibt, werden nachfolgend verschiedene Organisationsvarianten mit ihren Spezifika sowie vor und Nachteilen dargestellt.

Organisationsvarianten

Die BewohnerInnen von Mietimmobilien und Beschäftigte werden i.d.R. innerhalb eines nächtlichen Zeitfensters zwischen 16:00 Uhr und 08:00 Uhr laden. Da davon auszugehen ist, dass private Fahrzeuge in der nahen Zukunft über eine Batteriegröße von mindesten 60 kWh verfügen werden und die durchschnittliche Fahrleistung in Deutschland bei ca. 30 - 40 km pro Tag und somit bei einem Verbrauch von ca. 7 kWh liegt, ist es für die meisten Mietenden bzw. deren Fahrzeuge ausreichend, wenn diese ein bis maximal zwei Mal pro Woche einen nächtlichen Ladevorgang nutzen. Bei einer Standzeit von 7 Stunden und einer durchschnittlichen Ladeleistung von 3,7 kW können je Fahrzeug und Nacht rd. 20 kWh (ca. 100 km) geladen werden.

Bei einer optimierten und bedarfsorientierten Nutzung, d.h., dass nur dann geladen wird, wenn auch ein Ladebedarf (z.B. etwa Restakku-Stand von 30%) vorliegt, kann grundsätzlich ein Faktor von 3-4 Fahrzeugen je Ladepunkt angesetzt werden (Verhältnis Ladepunkt/Fahrzeug = 3:1). Somit ist es prinzipiell nicht notwendig, für jedes Fahrzeug einen eigenen Ladepunkt vorzuhalten. Durch dieses Ladepunkt-Sharing kann die Zahl der benötigten Ladepunkte deutlich reduziert werden. Da sich die geladenen Strommengen und die Zeit je Ladevorgang nicht ändern, hat diese Form der Organisation keinen Einfluss auf die in den vorherigen Abschnitten dargestellte Strom- und Lastberechnung. Es erfolgt lediglich eine Bündelung von vielen auf wenige Ladepunkte. Auch eine Erhöhung der Ladeleistung je Ladepunkt (3,7-22 kW) ändert nichts an dem Strom und Lastbedarf. Es kann jedoch eine noch weitergehende Bündelung von Ladevorgängen auf weniger Ladepunkte erfolgen, da ein Fahrzeug so mehr Strom pro Nacht aufnehmen kann und somit seltener laden muss.

Zur Versorgung der Stellplätze mit Ladeinfrastruktur können verschiedene Ansätze genutzt werden.

Variante 1:

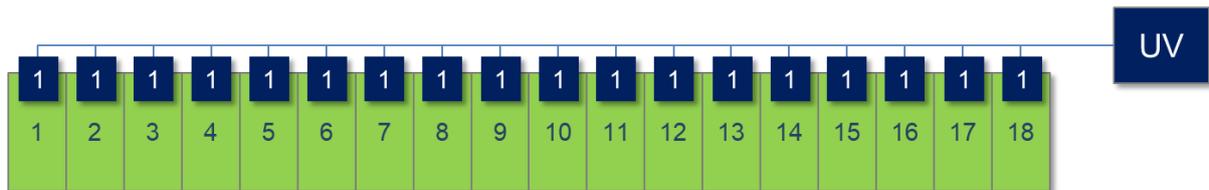


Abbildung 12: Verteilung Ladestationen Variante 1

Bei dieser Variante erhält jeder Stellplatz eine eigene Ladestation mit einem Ladepunkt.

Diese Variante ist nur für Stellplätze geeignet, bei denen eine feste Zuordnung zu einem Fahrzeug bzw. Mietenden vorliegt. Da so für jede Station nur ein Nutzender besteht, gibt es keine Abgrenzung von Strommengen in Bezug auf unterschiedliche Nutzende und es muss keine Abrechnung von Ladevorgängen nach Eichrecht erfolgen.

Abrechnung des Ladestroms kann

- über den Anschluss an einen eigenen Zähler des Netzbetreibers (MeLo/MaLo) mit einem eigenen Stromvertrag je Ladestation,
- über eine Aufschaltung der Stromversorgung der Ladestation auf den bestehenden Wohnungszähler der zugehörigen Mieteinheit,
- im Sinne einer Unterverteilung über einen (i.d.R. bereits in der Ladestation vorhandenen MID-Zähler) und einen Gemeinschaftszähler angeschlossen werden. Die Verrechnung der Stromkosten erfolgt in diesem Fall über das Ablesen der MID Zähler und eine anteilige Verteilung des Gesamtverbrauchs der Anlage über die Hausverwaltung. Zur Reduzierung des Ableseaufwands bestehen hierzu technische Lösungen am Markt.

Vorteil dieser Variante:

- Keine Anwendung des Eichrechts für Ladeinfrastruktur, dadurch i.d.R. geringere Kosten bei den Ladestationen
- Einfache Nutzung / keine Buchung, da das Verhältnis von Stellplätzen zu Ladepunkten bei 1:1 liegt

Nachteile dieser Variante:

- Hohe Zahl an Ladestationen (bei fortgeschrittener Marktentwicklung bis zu 100%)
- Kosten für Zähler des Netzbetreibers
- I.d.R. hoher Aufwand beim Anschluss durch Sternverkabelung
- Prozessaufwand bei der Hausverwaltung

Variante 2:

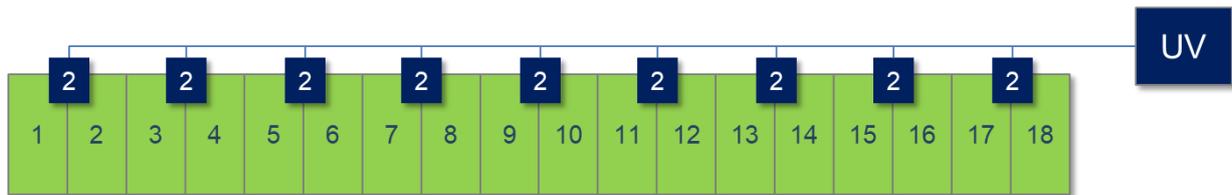


Abbildung 13: Verteilung Ladestationen Variante 2

Bei dieser Variante wird zwischen jeweils zwei Stellplätzen eine Ladestation mit zwei Ladepunkten eingerichtet.

So hat jeder Stellplatz einen eigenen Ladepunkt, es müssen aber weniger Ladestationen installiert werden.

Die Abrechnung des Ladestroms muss über eine eichrechtskonforme Ladeinfrastruktur mit Backend erfolgen, da es zwei Nutzende je Ladestation gibt und somit die Strommengen eichrechtskonform abgegrenzt werden müssen.

Vorteil dieser Variante:

- 50% weniger Ladestationen als Variante 1 und somit auch weniger Installationsaufwand (u.a. Verkabelung)
- Einfache Nutzung / keine Buchung, da das Verhältnis von Stellplätzen zu Ladepunkten bei 1:1 liegt

Nachteile dieser Variante:

- Höhere Kosten für die Doppelladestation
- Höhere Kosten durch Einhaltung der Eichrechtskonformität

Variante 3:

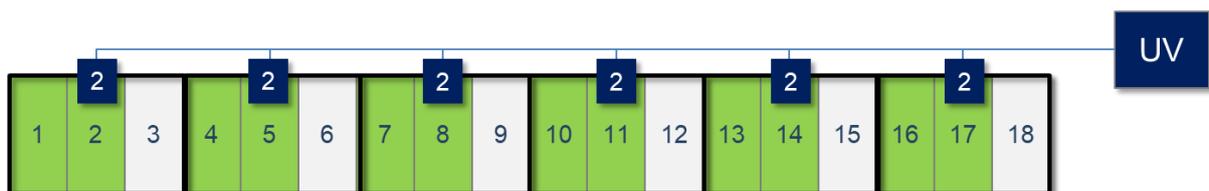


Abbildung 14: Verteilung Ladestationen Variante 3

Bei dieser Variante wird zwischen jeweils drei Stellplätzen eine Ladestation mit zwei Ladepunkten eingerichtet.

So hat jeder Stellplatz einen direkten Zugang zu einem Ladepunkt, es müssen aber nochmals weniger Ladestationen installiert werden. Da immer nur zwei Fahrzeuge gleichzeitig laden können, muss eine Absprache zwischen den drei Nutzenden erfolgen oder eine elektronische Reservierungsmöglichkeit eingerichtet werden.

Die Abrechnung des Ladestroms muss über eine eichrechtskonforme Ladeinfrastruktur mit Backend erfolgen, da es drei Nutzende je Ladestation gibt und somit die Strommengen eichrechtskonform abgegrenzt werden müssen.

Vorteil dieser Variante:

- weniger Ladestationen als Variante 2 und somit auch weniger Installationsaufwand (u.a. Verkabelung)

Nachteile dieser Variante:

- komplexere Nutzung, da das Verhältnis von Stellplätzen zu Ladepunkten bei 3:2 liegt und eine Koordination zwischen den Nutzenden erfolgen muss. Nachteil entfällt bei Nutzung einer Reservierungssoftware.

Variante 4:

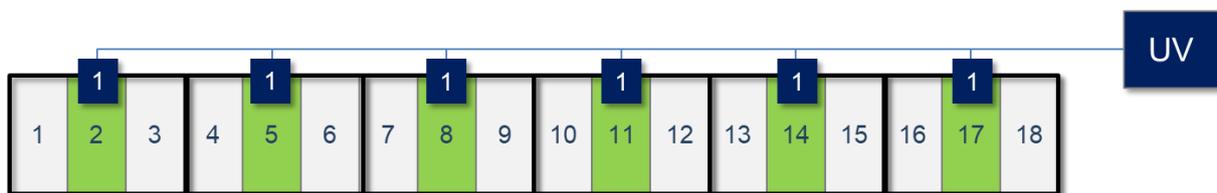


Abbildung 15: Verteilung Ladestationen Variante 4

Bei dieser Variante wird zwischen jeweils drei Stellplätzen eine Ladestation mit einem Ladepunkt eingerichtet.

So hat jeder Stellplatz einen direkten Zugang zu einem Ladepunkt, es müssen aber nochmals weniger Ladestation installiert werden. Da immer nur ein Fahrzeug laden kann, muss eine Absprache zwischen den drei Nutzenden erfolgen oder eine elektronische Reservierungsmöglichkeit eingerichtet werden.

Die Abrechnung des Ladestroms muss über eine eichrechtskonforme Ladeinfrastruktur mit Backend erfolgen, da es drei Nutzende je Ladestation gibt und somit die Strommengen eichrechtskonform abgegrenzt werden müssen.

Vorteil dieser Variante:

- weniger Ladestationen als Variante 3 und somit auch weniger Installationsaufwand (u.a. Verkabelung)
- kostengünstige Variante durch effiziente Nutzung

Nachteile dieser Variante:

- komplexere Nutzung, da das Verhältnis von Stellplätzen zu Ladepunkten bei 3:1 liegt und eine Koordination zwischen den Nutzenden erfolgen muss. Nachteil entfällt bei Nutzung einer Reservierungssoftware.

Variante 5:

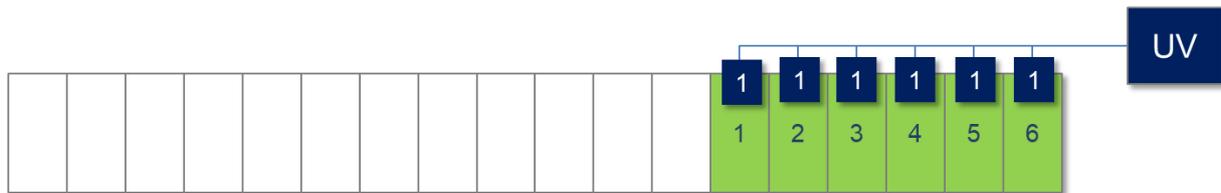


Abbildung 16: Verteilung Ladestationen Variante 5

Bei dieser Variante werden für 30% der Stellplätze Ladestationen mit einem Ladepunkt gebündelt an einer Stelle eingerichtet. Die Stellplätze haben so keinen direkten Zugang mehr zu einem Ladepunkt.

Die Zahl der benötigten Ladestationen ist identisch zu Variante 4. Da immer nur ein Drittel aller Fahrzeuge gleichzeitig laden können, muss eine elektronische Reservierungsmöglichkeit eingerichtet werden. Zudem ist eine feste Bindung von Stellplatz und Mietenden nicht mehr möglich.

Die Abrechnung des Ladestroms muss über eine eichrechtskonforme Ladeinfrastruktur mit Backend erfolgen, da es drei Nutzende je Ladestation gibt und somit die Strommengen eichrechtskonform abgegrenzt werden müssen.

Vorteil dieser Variante:

- weniger Installationsaufwand (u.a. Verkabelung) durch Bündelung und kürzere Kabelwege
- Platzierung der Ladestationen an einem geeigneten Punkt nahe zur Stromversorgung (Kabelwege) oder zur Ausfahrt (Brandschutz, Löschwege)
- einfache Nutzung, da in dieser Variante auf jeden Fall eine Reservierungssoftware genutzt werden muss
- kostengünstigste Variante durch sehr effiziente Nutzung

Nachteile dieser Variante:

- Risiko durch Falschparker, die nicht laden

Grobe Kostenschätzung

Durch die Einzelplatzversorgung mit geringer Auslastung stellen die Varianten 1 und 2 sowohl in Bezug auf die Investitionskosten absolut als auch bei der Umrechnung auf die geladene kWh (Overheadkosten) die kostenintensivsten Lösungen dar. Variante 2 schneidet trotz höheren Kosten für die Ladestation je Ladepunkt durch die geringeren Installationskosten dabei etwas besser ab.

Mit zunehmender Steigerung der Auslastung reduzieren sich die Investitionskosten wodurch bei einer unveränderten Strommenge die Overheadkosten je kWh sinken.

Bei den Varianten 4 und 5 ist zu berücksichtigen, dass durch die Nutzung eines Buchungs- und Reservierungssystems der Komfort zur Variante 3 deutlich höher ist.



Tabelle 10: Grobe Kostenschätzung potenzieller Organisationsvarianten einer privaten LIS

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
Zahl Ladestationen	70	35	23	23	23
Zahl Ladepunkte	70	70	46	23	23
Investitionskosten Ladestation	1.000 €	3.500 €	3.500 €	1.500 €	1.500 €
Investitionskosten Installation je Ladestation	1.000 €	1.000 €	1.000 €	1.000 €	1.000 €
Betriebskosten je Ladepunkt p.a.	0 €	120 €	120 €	120 €	120 €
Betriebskosten je Ladestation p.a.	300 €	150 €	150 €	150 €	150 €
Kosten Buchungs- und Reservierungssystem p.a.				2.000 €	2.000 €
Gesamtkosten bei 10 Jahren	350.000 €	294.000 €	194.040 €	140.120 €	140.120 €
Strommenge p.a.	219.744 kWh				
Overheadkosten je kWh (netto)	0,16 €	0,13 €	0,09 €	0,06 €	0,06 €
Overheadkosten je kWh (brutto)	0,19 €	0,16 €	0,11 €	0,08 €	0,08 €
Stromkosten je kWh (brutto)	0,30 €	0,30 €	0,30 €	0,30 €	0,30 €
Gesamtkosten je kWh (brutto)	0,49 €	0,46 €	0,41 €	0,38 €	0,38 €

Unter der Annahme eines jährlichen Strombedarfs von ca. 2.800 kWh (bei 12.600 km p.a./ 20 kWh/100km / 20% Ladeverlust) liegen die Mehrkosten je Fahrzeug für die Nutzung der Variante 1 zur Variante 4 und 5 bei rd. 300 €.

Fazit:

Der Wohnungswirtschaft kommt im Kontext der Mobilitätswende insgesamt und besonders in Bezug auf die Wende zur Elektromobilität eine sehr wichtige Rolle zu.

Gerade in den Ballungszentren, wo oftmals deutlich über 50% der Wohnung in Mehrfamilienhäusern zu finden sind, kann Elektromobilität nur funktionieren, wenn ausreichend Ladeangebot am Wohnort und somit an diesen Mehrfamilienhäusern entstehen. Um dieses Thema voranzutreiben hat der Gesetzgeber mit den Änderungen im Miet- und WEG-Recht sowie dem Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz (GEIG) einen rechtlichen Rahmen geschaffen, durch den der Druck auf die Wohnungswirtschaft zur Schaffung von Ladeinfrastruktur wächst.

Vor diesem Hintergrund sollte die Wohnungswirtschaft offensiv mit dem Thema umgehen und frühzeitig Konzepte entwickeln, auf deren Grundlage dann ein geordneter und wirtschaftlich tragfähiger Aufbau von Ladeinfrastruktur erfolgen kann.

Wie bereits am Anfang des Leitfadens dargestellt, ist es nicht möglich, das eine optimale Konzept zur Organisation der Ladeinfrastruktur in oder für Wohnimmobilien zu definieren. Neben den infrastrukturellen Bedingungen müssen hierbei auch die Mieter- und Siedlungsstruktur berücksichtigt werden.

Mit Blick auf Kosten und Ressourceneinsatz, sind jedoch effiziente Lösungen wie Sharing-Modelle (Variante 6), dort wo sie umsetzbar sind, grundsätzlich zu bevorzugen.

Insbesondere in Bezug auf die Kosten kommt dem Themenfeld Lastbedarf eine wichtige Rolle zu. Hier wird empfohlen, zunächst den realistischen Bedarf anhand der zu erwarteten Fahrprofile und Nutzung zu ermitteln. Darauf aufbauend helfen intelligente Konzepte zum Lastmanagement und zu Speichersystemen sowie zur Einbindung lokal erzeugter erneuerbarer Energie ökologisch und ökonomisch sinnvolle Lösungen zu finden.