

Lastgangprognose durch die Verbreitung der Elektromobilität für das Neubaugebiet Bühl III

Auftraggeber:

Stadtverwaltung Lörrach
Luisenstraße 16
79539 Lörrach

Auftragnehmer:

Institut Stadt | Mobilität | Energie GmbH
Rotenwaldstraße 18
70197 Stuttgart



Beauftragt durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

Vergabe und Projektbegleitung durch:



IMPRESSUM



Institut Stadt | Mobilität | Energie GmbH

Rotenwaldstraße 18

70197 Stuttgart

Telefon: +49 (0)711 65 69 90 14

Mail: info@i-sme.de

Autorenschaft:

Karsten Hager

Manfred Schmid

Veröffentlichung Juni 2021

Gendersensibilität:

Dem ISME ist daran gelegen, mit der in Berichten und Konzepten verwendeten Sprache alle Geschlechteridentitäten einzubeziehen. Aus diesem Grund verwenden wir, wo es möglich ist, geschlechtsneutrale Oberbegriffe. Wo dies nicht sinnvoll ist, verwenden wir den Gender-Doppelpunkt, um allen Identitäten Raum im geschriebenen Wort zu geben. Zudem setzen vorlesende Systeme beim Doppelpunkt eine kurze Pause, was dem Umgang im gesprochenen Wort entspricht.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis	IV
1. Einleitung	1
2. Modell	2
2.1. Nutzergruppen und -größen	2
2.2. Ladeleistungen.....	9
3. Lastgangprognosen	11
3.1. Quartiersspezifika und Eingangsgrößen	11
3.2. Szenarien	12
3.3. Ergebnisdarstellung.....	14
3.3.1. Anzahl Elektrofahrzeuge.....	15
3.3.2. Lastgänge Wochentage (WT)	16
3.3.3. Lastgänge Wochenendtage (WE)	19
4. Fazit	22
5. Literaturverzeichnis.....	25

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Räumliche Verteilung von Elektrofahrzeug-Nutzungen im Quartier (Schema).....	3
Abbildung 2: Ableitung von Nutzergruppen aus (MiD 2008)	4
Abbildung 3: Finale Definition aller Nutzergruppen	5
Abbildung 4: Größe der Nutzergruppen.....	6
Abbildung 5: Wegelängen/Laufleistungen je Nutzergruppe.....	7
Abbildung 6: Wegestarts am Wochentag (WT) - je Wegezweck.....	8
Abbildung 7: Wegestarts am Wochentag (WT) - kumuliert je Nutzergruppe	8
Abbildung 8: Wegestarts am Wochenende (WE) - je Wegezweck.....	9
Abbildung 9: Wegestarts am Wochenende (WE) - kumuliert je Nutzergruppe	9
Abbildung 10: Nutzungen im Neubaugebiet Bühl III – Siegerentwurf städtebaulicher Wettbewerb	11
Abbildung 11: Gemessene Gleichzeitigkeit von Ladevorgängen in der E-MOBILITY-ALLEE (Gesamt: 10 Fahrzeuge)	14
Abbildung 12: Exemplarischer Lastgang ohne LtM (WT) für eine E-Quote von 8%.....	16
Abbildung 13: Exemplarischer Lastgang mit LtM (WT) für eine E-Quote von 8%.....	16
Abbildung 14: Exemplarischer Lastgang ohne LtM (WT) für eine E-Quote von 20%...	17
Abbildung 15: Exemplarischer Lastgang mit LtM (WT) für eine E-Quote von 20%.....	17
Abbildung 16: Exemplarischer Lastgang ohne LtM (WT) für eine E-Quote von 45%...	18
Abbildung 17: Exemplarischer Lastgang mit LtM (WT) für eine E-Quote von 45%.....	18
Abbildung 18: Exemplarischer Lastgang ohne LtM (WE) für eine E-Quote von 8%.....	19
Abbildung 19: Exemplarischer Lastgang mit LtM (WE) für eine E-Quote von 8%	19
Abbildung 20: Exemplarischer Lastgang ohne LtM (WE) für eine E-Quote von 20%...	20
Abbildung 21: Exemplarischer Lastgang mit LtM (WE) für eine E-Quote von 20%	20
Abbildung 22: Exemplarischer Lastgang ohne LtM (WE) für eine E-Quote von 45%...	21
Abbildung 23: Exemplarischer Lastgang mit LtM (WE) für eine E-Quote von 45%	21
Abbildung 24: Globale Spitzenlast [kW] ohne/mit Lastmanagement	24

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Herleitung Nutzergruppengröße Kunden Pkw	6
Tabelle 2: Ableitung der Eingangsgröße "EinwohnerInnen"	12
Tabelle 3: Herleitung der Fahrzeuganzahl (BEV je Szenario)	15
Tabelle 4: Globale Spitzenlasten [kW] ohne Lastmanagement	23
Tabelle 5: Globale Spitzenlasten [kW] mit Lastmanagement	23

Abkürzungsverzeichnis

LIS	Ladeinfrastruktur
LtM	Lastmanagement
MFH	Mehrfamilienhaus
MIV	Motorisierter Individualverkehr
WE	Wochenendtag
WT	Wochentag
TG	Tiefgarage
WE	Wohneinheiten

1. Einleitung

Als Grundlage für die Dimensionierung des öffentlichen Stromnetzes im Neubaugebiet Bühl III sollen die Auswirkungen des stattfindenden Markthochlaufs der Elektromobilität untersucht werden. Hierzu wurde am ISME entwickeltes, excel-basiertes Prognose-Tool angepasst, das Simulationen für ganze Quartiere auf Basis einer geringen Anzahl an Parametern erlaubt.

Das Prognose-Tool errechnet elektromobilitätsinduzierte Spitzenlasten für das vorgesehene Neubaugebiet in Abhängigkeit von der Marktdurchdringung der Elektromobilität im Pkw-Markt. Der Fokus liegt dabei auf batterieelektrischer Mobilität, Wasserstoffmobilität wird nicht betrachtet.

Die Ergebnisse zeigen die jeweilig zu erwartenden Spitzenlasten aller Gebäude sowie die netzentlastenden Optionen, die ein durchgängiger Einsatz von Lastmanagement eröffnet. Lastmanagement dürfte vorrangig nur bei einer Vielzahl an Ladepunkten, d.h. in den vorgesehenen Tiefgaragen, umgesetzt werden. An den geplanten Reihenhäusern ist nicht von einem Einsatz von Lastmanagement auszugehen, da hier nur jeweils 1-2 Ladepunkte installiert werden.

Die Potenziale der Sektorenkopplung durch Einbindung von bspw. PV- oder BHKW-Strom sowie ggf. den Einsatz stationärer Batteriespeicher in Gebäuden wird nicht betrachtet.

Im vorliegenden Bericht wird die Struktur des zugrundeliegenden Modells erläutert sowie eine Lastgangprognose mit und ohne den Einsatz von Lastmanagement dargestellt. Hierbei ist zu beachten, dass die Prognose ohne Lastmanagement Lastspitzen beschreibt, die von Tag zu Tag stark unterschiedlich ausfallen können, da leicht abweichende Ladestarts sehr schnell zu erhöhter Gleichzeitigkeit führen können. Die Simulation mit Lastmanagement ist indes deutlich unabhängiger von solchen Effekten, da die Fahrzeuge ohnehin während Lastpeaks (Gebäude wie Elektromobilität) nur mit einem Bruchteil der maximal möglichen Ladeleistung geladen werden. Hierbei wird also die lange Standzeit von Fahrzeugen ausgenutzt.

2. Modell

Das Modell wurde ursprünglich so programmiert, dass es auf alle Gebietsarten angepasst genutzt werden kann. Für ein allgemeines Wohngebiet wie im vorliegenden Fall ist beinahe ausschließlich eine spezifische Nutzergruppe relevant („Privat-Pkw“). Im Folgenden wird der Konsistenz und Vollständigkeit halber dennoch die Herleitung aller Nutzergruppen dargelegt.

2.1. Nutzergruppen und -größen

Für die Analyse von Lastspitzen gilt es zu Beginn, ein sinnvolles Modell zu finden, das den motorisierten Individualverkehr (MIV) möglichst realitätsnah abbildet. Ein möglichst realitätsnahes Abbild ist dann gegeben, wenn das Modell es ermöglicht, die Anzahl der ladenden Fahrzeuge, ihre Ladebedarfe und ihre Ladestandorte in Abhängigkeit der verfügbaren Eingangsdaten zu ermitteln. Die verfügbaren Eingangsdaten für das Neubaugebiet sind:

- Gebietsart: allg. Wohngebiet (mit Kindertagesstätte)
- Einwohnerzahl (über Haushaltszahl: 280 x mittlere Haushaltsgröße: 2,1): 588
- Räumliche Daten (Größe in ha, Entfernung zur Ortsmitte)

Für die Modellierung wurden Nutzergruppen von Elektrofahrzeugen im Quartier hergeleitet, welche auf der in Abbildung 1 schematisch dargestellten räumlichen Verteilung von Elektrofahrzeug-Nutzungen im Quartier basieren.



Abbildung 1: Räumliche Verteilung von Elektrofahrzeug-Nutzungen im Quartier (Schema)

Für die Nutzung der Elektromobilität an Arbeitsplätzen gilt, dass hier einerseits Mitarbeiter/Einpendler, andererseits aber auch firmeneigene Pkw für dienstliche Zwecke laden werden. Bei Geschäften, Dienstleistungen etc. entstehen Ladebedarfe durch Kunden (bzw. Patienten usw.), mithin jener Teil des MIV, der Erledigungen und Einkäufe durchführt. Die Nähe zu überregionalen Verkehrswegen beinhaltet all jene Nutzer, die eigentlich nicht das Quartier zum Ziel haben, sondern auf der Durchfahrt (analog zum heutigen Tanken) laden wollen (Urlaub, Freizeit, dienstlich etc.). Zuletzt lassen sich Wohnungen als potenzielle Ladeorte identifizieren, von wo aus alle oben genannten Wege (Arbeit, Ausbildung, Einkauf, Erledigung, Freizeit) starten können.

Basierend auf diesen Nutzungen wurden Nutzergruppen abgeleitet, die mit den Wegezwecken der Studie Mobilität in Deutschland¹ korrespondieren, um auf reale Werte bzgl. der Wegeanzahl, der Wegelängen und der Wegestarts/-enden zurückgreifen zu können. Zugleich sollen die gewählten Nutzergruppen einen Rückschluss auf den Ladestandort erlauben und es soll daraus hervorgehen, ob es sich um Fahrzeuge handelt, die Ihren „Standort“ innerhalb oder außerhalb des Neubaugebiets haben, siehe Abbildung 2.

¹ Mobilität in Deutschland (MiD) ist eine bundesweite Befragung von Haushalten zu ihrem alltäglichen Verkehrsverhalten im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI).

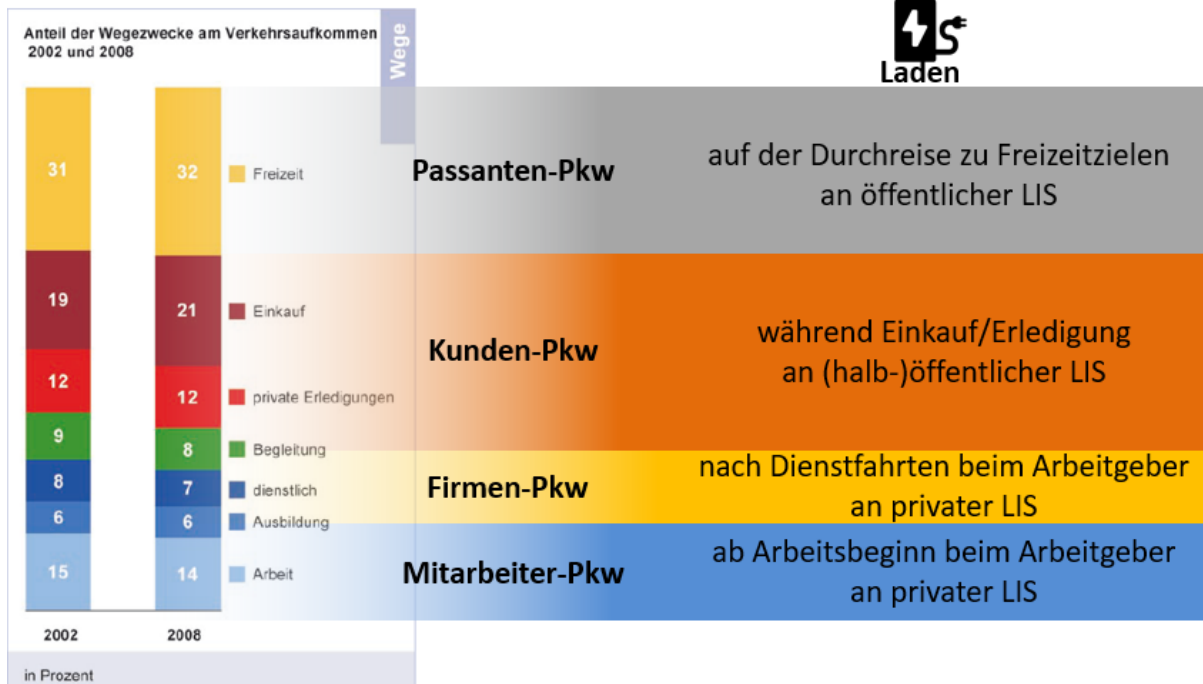


Abbildung 2: Ableitung von Nutzergruppen aus (MiD 2008)

Begriffsklärung:

- Öffentliche LIS: auf öffentlichen Flächen, rund um die Uhr zugänglich.
- Halböffentliche LIS: auf privaten Flächen, aber zeitweise (ggf. auf Kunden o.ä. begrenzt) öffentlich zugänglich
- Private LIS: auf privaten Flächen, aber nur für definierte Nutzer zugänglich, bspw. Arbeitnehmer

Die bisher abgeleiteten vier Nutzergruppen ermöglichen allerdings noch keine finale Abbildung aller MIV-Ladebedarfe eines Quartiers. Die Nutzergruppe Passanten-Pkw deckt Durchfahrende ab, Kunden-Pkw umfassen alle Erledigungen/Einkäufe. Unternehmensspezifisch lassen sich mit der Nutzergruppe Mitarbeiter-Pkw alle Arbeits-/Ausbildungswege (Hinweg = Einpendler) erfassen und mit der Nutzergruppe Firmen-Pkw alle dienstlichen Wege (unabhängig davon, ob es sich bei dem Laden aufgrund dienstlicher Wege um ein Firmenfahrzeug oder ein Dienstfahrzeug handelt).

Zusammenfassend beziehen sich die Nutzergruppen Passanten-Pkw, Kunden-Pkw und Mitarbeiter-Pkw also auf Fahrzeuge, die täglich in das Quartier einfahren und dort lediglich jene Ladebedarfe stillen, die für die entsprechenden Teilwege am täglichen Wegeaufkommen anfallen; der feste Standort (und damit Hauptladepunkt) dieser Fahrzeuge liegt stets außerhalb des betrachteten Quartiers/Neubaugebiets. Im Gegensatz hierzu umfasst die Nutzergruppe Firmen-Pkw zwar Fahrzeuge, deren fester Standort (und damit Hauptladepunkt) im Allgemeinen im Quartier (bei den Unternehmen) liegt, allerdings bedarf es einer weiteren Nutzergruppe, um auch private Fahrzeuge mit festem Standort im Quartier zu umfassen, siehe Abbildung 3: Als fünfte Nutzergruppe wurden deshalb „Privat-Pkw“ angeführt. Fahrzeuge dieser Nutzergruppe laden an der Wohnung im Quartier und ihre Fahrprofile (Wegezeiten & -

strecken) umfassen die Profile der Nutzergruppen Mitarbeiter-Pkw (Rückweg = Auspendler), Kunden-Pkw und Passanten-Pkw. Auch laut (MiD 2008) wird der Wegezweck Arbeits-/Ausbildungsweg auf dem Rückweg häufig mit Einkauf/Erledigung und/oder Freizeitweg verknüpft. Energiebedarfe für die Summe dieser Wege laden die Fahrzeuge der Nutzergruppe Privat-Pkw am eigenen Wohnstandort im Quartier nach. Das Prognose-Tool unterstellt also, dass ein Elektrofahrzeug stets zum Fahrtende geladen wird und die entsprechende LIS auch verfügbar ist.

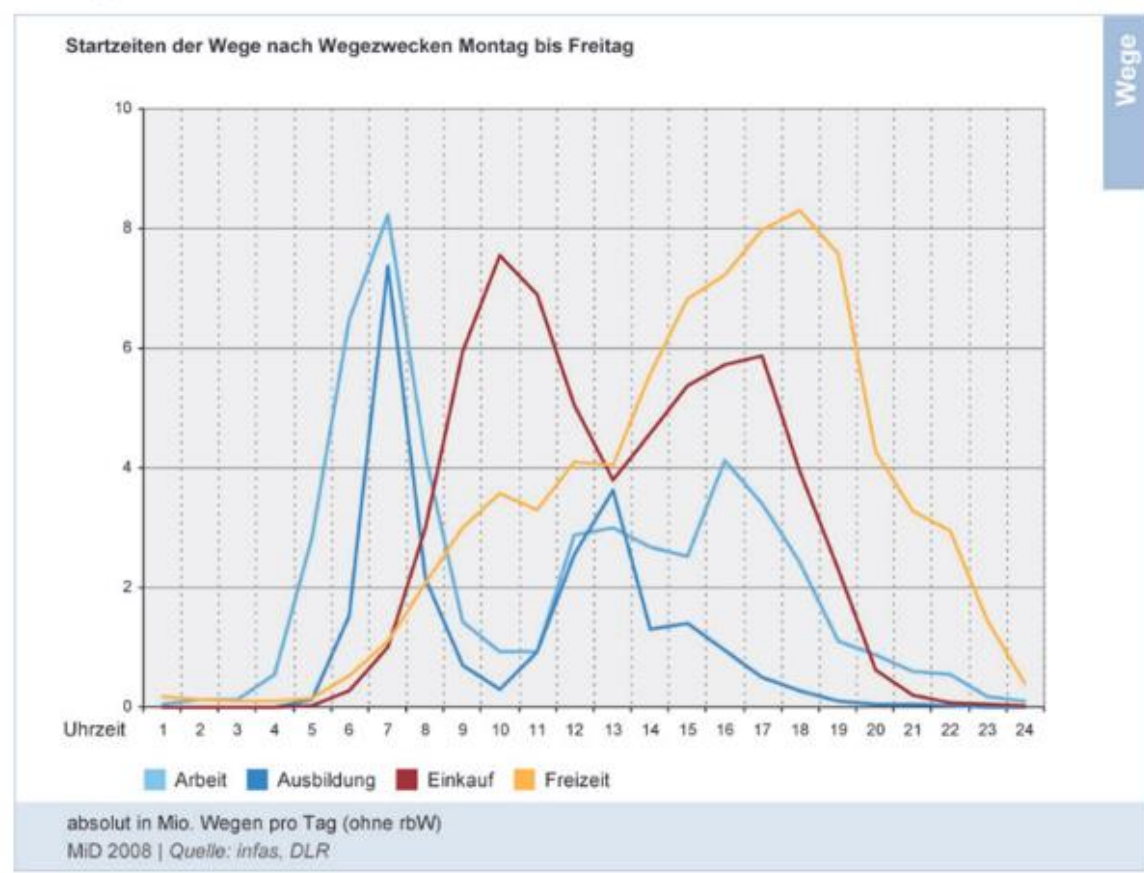
Nutzergruppe	Stell-/Ladeplatz	Definition
Firmen-Pkw	im Quartier	nach Dienstfahrten beim Arbeitgeber an privater LIS
Mitarbeiter-Pkw	außerhalb Quartier	ab Arbeitsbeginn beim Arbeitgeber an privater LIS
Privat-Pkw	im Quartier	Auspendler + Kunden + Freizeit an privater LIS (eigener Stellplatz)
Kunden-Pkw	außerhalb Quartier	während Einkauf/Erledigung an (halb-)öffentlicher LIS
Passanten-Pkw	außerhalb Quartier	auf der Durchreise zu Freizeitzielen an öffentlicher LIS

Abbildung 3: Finale Definition aller Nutzergruppen

Mit den fünf entwickelten Nutzergruppen können alle Fahrzeuge des MIV modelliert werden. Als weitere Schritte werden im Folgenden die Nutzergruppengröße

(Abbildung 4), ihre Wegelängen (Abbildung 5) und Wegestarts (

Abbildung 3.100



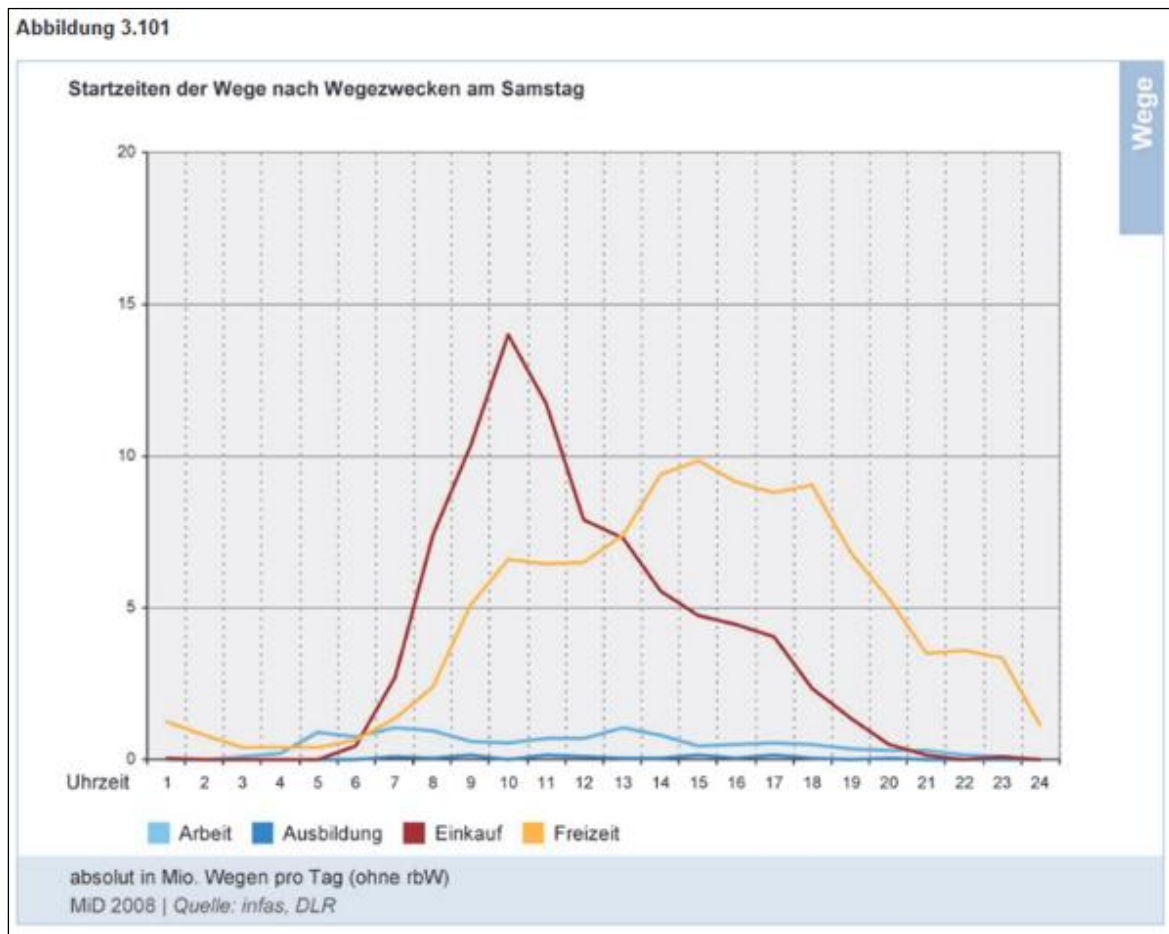


Abbildung 8) abgeleitet bzw. aufgeführt.

Die Herleitung der Größen der Nutzergruppen Mitarbeiter-Pkw und Privat-Pkw können Abbildung 4 direkt entnommen werden. Die Nutzergruppengröße Kunden-Pkw ist aufwändiger herzuleiten, siehe hierzu Tabelle 1. Für die Nutzergruppengröße Firmen-Pkw wird auf Ergebnisse einer vom ISME im Rahmen eines großen Forschungsprojekts im Jahr 2015 durchgeführten telefonischen Befragung von über 1.000 Unternehmen in der Region Stuttgart zurückgegriffen, in der die Fuhrparkgröße und Zusammensetzung in Abhängigkeit der Beschäftigtenanzahl branchenspezifisch analysiert wurde (eCar-Park 2016). Da sich die Nutzergruppengröße Privat-Pkw methodisch aus dem Mobilitätsverhalten anderer Nutzergruppen aufaddiert (s. Abbildung 3), folgt auch die Herleitung der Nutzgruppengröße dieser Logik (s. Abbildung 4).

Nutzergruppe	Größe der Nutzergruppen
Firmen-Pkw	Umfrageergebnis Forschungsprojekt eCar-Park: → 14,7 Pkw je 100 Beschäftigte
Mitarbeiter-Pkw	67,5% aller Beschäftigten nutzen Pkw / 1,367 Pkw-Besetzungsgrad → 49,4 Pkw je 100 Beschäftigte
Privat-Pkw	52,9% der Bevölkerung sind erwerbstätig * 67,5% / 1,367 → 26,1 Pkw je 100 Einwohner
Kunden-Pkw	Herleitung aus Kunden je Verkaufsfläche und Verkaufsfläche je Einwohner: → 46,1 Pkw je 100 Einwohner
Passanten-Pkw	Keine gute Datenbasis vorhanden, Annahme: → 15% der Summe aller anderen Nutzergruppen

Abbildung 4: Größe der Nutzergruppen

Tabelle 1: Herleitung Nutzergruppengröße Kunden Pkw

Wert	Einheit	Ggf. Quelle
3.254	m ² / Geschäft	Modellierung der Erreichbarkeit von Supermärkten und Discountern, Stefan Neumeier, Thünen Working Paper, 2014, S.3
2.773	Kunden/Geschäft	
0,85	Kunden/m ²	
58%	mit Auto	MiD 2008
0,49	Kunden mit Pkw/m ²	
1,50	Pkw Besetzungsgrad bei Einkauf/Erledigung	MiD 2008
0,33	Kunden-Pkw/m ²	
2,93	m ² Verkaufsfläche/ Einwohner	142.325 m ² Einzelhandelsfläche / 48.157 Einwohner Gutachten als Grundlage zur Fortschreibung des Märkte- und Zentrenkonzeptes für die Stadt Lörrach - vor dem Hintergrund der digitalen Entwicklung, 2016, S.18
0,98	Kunden-Pkw/Einwohner	

Die vier genannten Nutzergruppen können also mit Bezug auf die Eingangsdaten Einwohnerzahl bzw. Beschäftigtenzahl dimensioniert werden. Lediglich für die Nutzergruppe Passanten-Pkw existiert keine gute Datengrundlage; hierzu wären Ergebnisse aus einem Verkehrsmodell nötig. Der Einfachheit halber wurde die Nutzergruppe dynamisch modelliert, sie lässt sich im Tool prozentual an der Gesamtgröße aller anderen Nutzergruppen dimensionieren. Da das Neubaugebiet Bühl III aufgrund seiner Lage und Struktur nicht als Durchgangsquartier genutzt werden dürfte, wird diese Nutzergruppe ignoriert. Zwar evoziert die geplante Kindertagesstätte Hol-

/Bringwege, mit einem Zwischenladen während des Bringens/Abholens der Kinder wird allerdings nicht gerechnet.

Im nächsten Schritt werden den nun dimensionierten Nutzergruppen Wegelängen bzw. Laufleistungen zugeordnet, siehe Abbildung 5. Hier wird erstmals eine Trennung zwischen Wochentag (WT) und Wochenendtag (WE) relevant, da sich die Fahrprofile hier deutlich unterscheiden. Diese Aufteilung wird im gesamten Prognose-Tool beibehalten.

Nutzergruppe

Firmen-Pkw	72,20 km (WT) 24,30 km (WE)
Mitarbeiter-Pkw	10,40 km (WT) 1,91 km (WE)
Privat-Pkw**	25,02 km (WT) 34,07 km (WE)
Kunden-Pkw	3,67 km (WT) 3,40 km (WE)
Passanten-Pkw	10,95 km (WT) 28,76 km (WE)

Abbildung 5: Wegelängen/Laufleistungen je Nutzergruppe

** Wegelängen für Privat-Pkw entsprechen der Summe der Wegelängen aus den Nutzergruppen Mitarbeiter-Pkw, Kunden-Pkw und Passanten-Pkw.

In einem letzten Schritt muss im Prognose-Tool hinterlegt sein, welcher Anteil der Fahrzeuge je Nutzergruppe zu welchem Zeitpunkt mit welchem Ladebedarf an einen Ladepunkt angeschlossen wird. Die folgenden vier Abbildungen zeigen jeweils oben die Wegestarts laut MiD 2008 je Wegezweck und unten die darauf basierenden, in die Nutzergruppen übersetzten anteiligen und kumulierten Wegestarts, mit denen das Prognose-Tool rechnet.

Abbildung 3.100

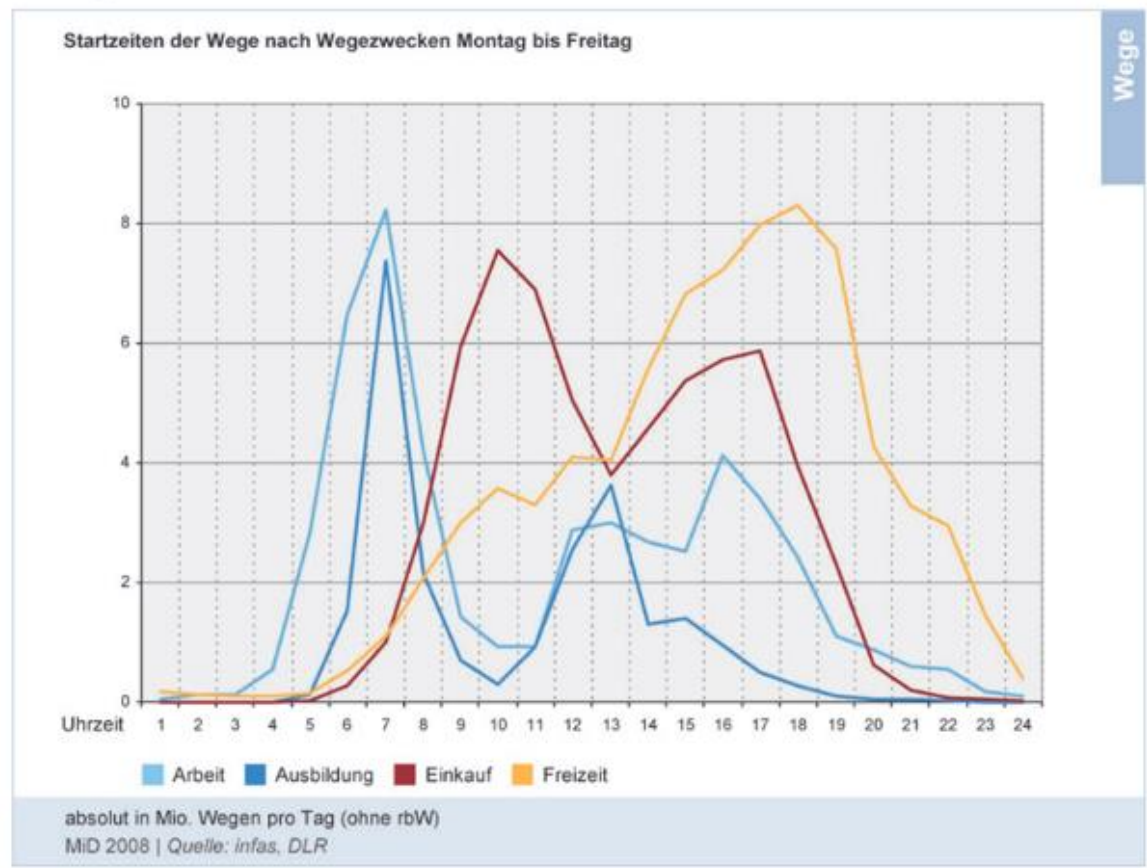


Abbildung 6: Wegestarts am Wochentag (WT) - je Wegezweck

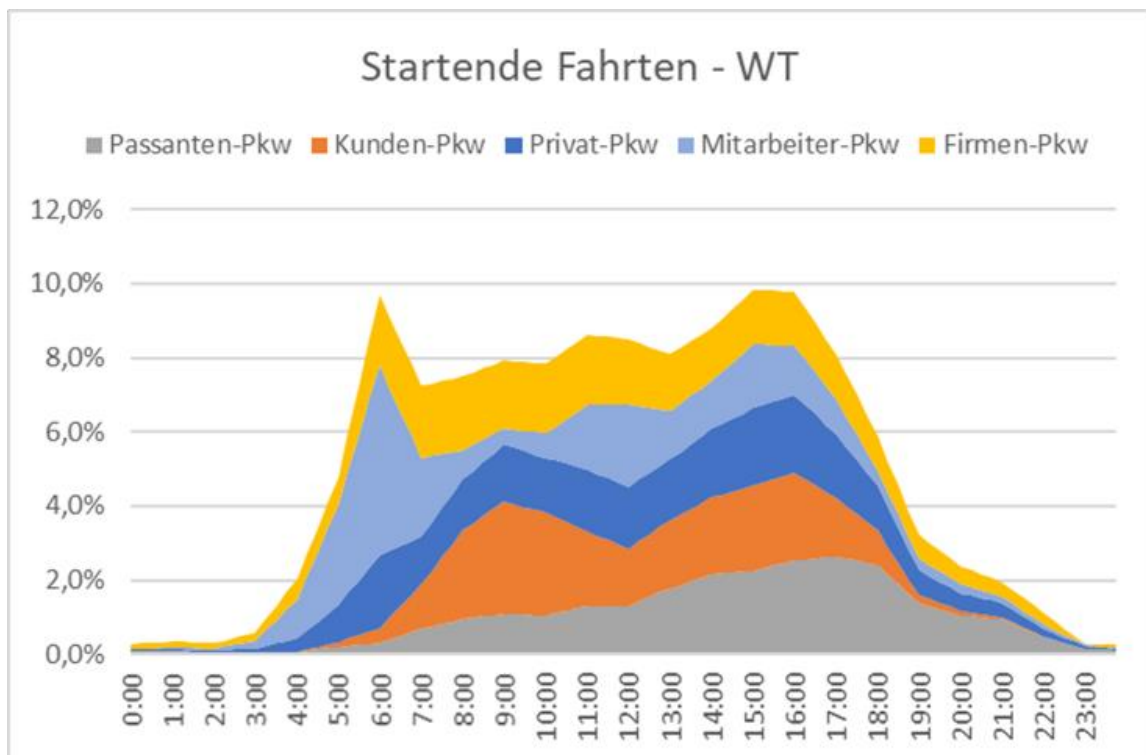


Abbildung 7: Wegestarts am Wochentag (WT) - kumuliert je Nutzergruppe

Abbildung 3.101

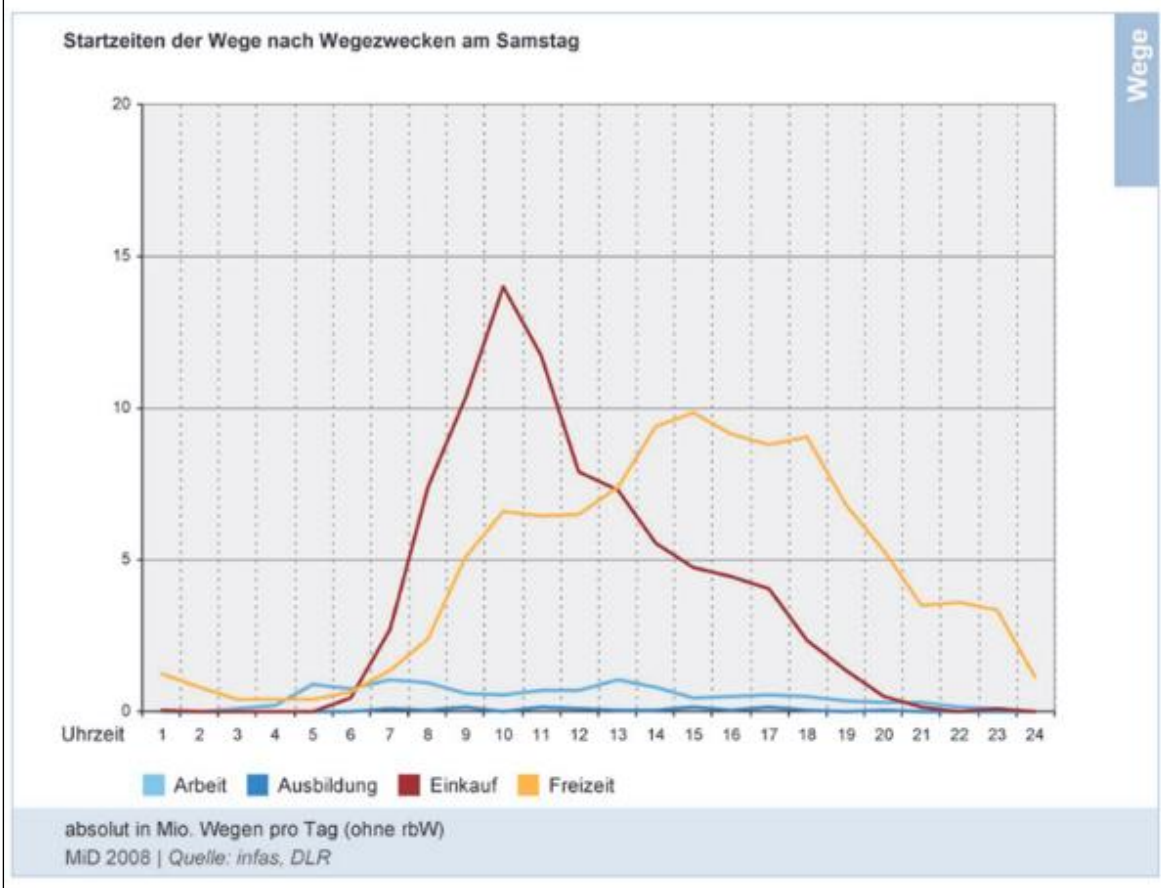


Abbildung 8: Wegestarts am Wochenende (WE) - je Wegezweck

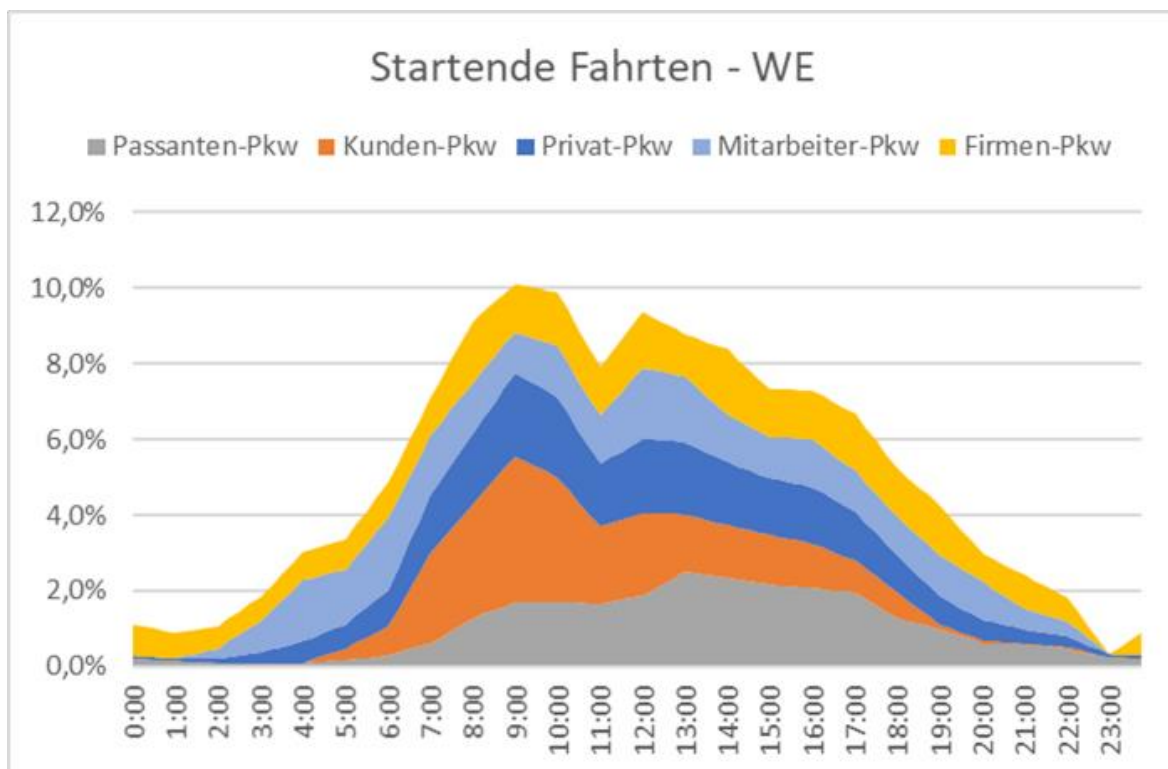


Abbildung 9: Wegestarts am Wochenende (WE) - kumuliert je Nutzergruppe

2.2. Ladeleistungen

Das Prognose-Tool erlaubt gemeinhin, die prozentuale Zuteilung gängiger Ladeleistungen innerhalb jeder Nutzergruppe frei zu wählen. Für die vorliegende Prognose wurde eine einheitliche Ladeleistung von 11 kW für alle Ladepunkte gewählt, da sich die Förderung privater Ladepunkte an Wohngebäuden (kfw 440) ausschließlich auf Ladepunkte mit 11 kW konzentriert.

Da es sich bei dem betrachteten Neubaugebiet Bühl III um ein allgemeines Wohngebiet handelt, kann bspw. Schnellladen ohnehin ausgeschlossen werden. Zwar ist vorstellbar, dass auch mittelfristig noch bspw. Bewohner von Einfamilienhäusern mit 2,3 kW an gewöhnlichen Haushaltssteckdosen („Schuko-Stecker“) laden werden. In Mehrfamilienhäusern mit Tiefgaragen erscheinen Ladepunkte mit 11 kW Ladeleistung und übergeordnetem Lastmanagement als optimale Lösung.

3. Lastgangprognosen

Im Kapitel 3.3 werden Spitzenlasten dargelegt, wie sie entsprechend der in Kapitel 2 beschriebenen Modellierung und der im Folgenden ausgeführten Quartiersspezifika (Kapitel 3.1) aus dem Markthochlauf der Elektromobilität im Neubaugebiet Bühl III zu erwarten sind.

Die Ergebnisse wurden in drei Szenarien berechnet, welche in Kapitel 3.2 erläutert werden. Mit Hilfe der Szenarien wird die zunehmende Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen über die kommenden ca. 15 Jahre aufgegriffen.

Für jedes Szenario wurde der unregelmäßige Lastgang mit den Optimierungspotenzialen eines Lastmanagements verglichen. Lastmanagement wurde dabei nur für die Tiefgaragen (MFH und besondere Wohnformen) angenommen, nicht für die Reihenhäuser.

3.1. Quartiersspezifika und Eingangsgrößen

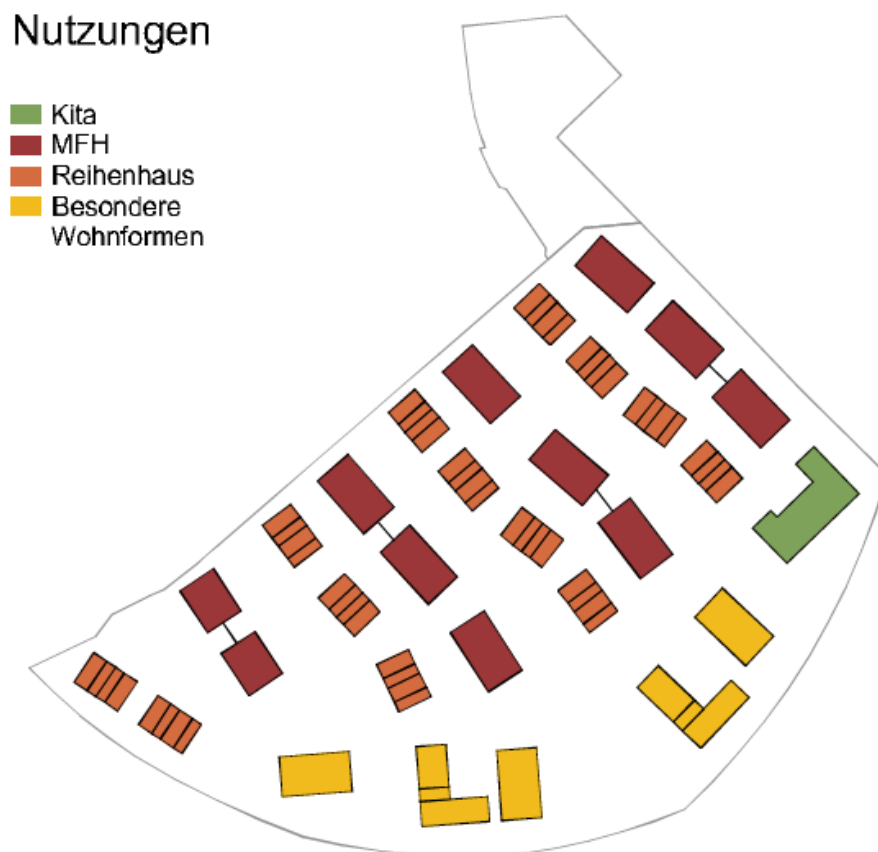


Abbildung 10: Nutzungen im Neubaugebiet Bühl III – Siegerentwurf städtebaulicher Wettbewerb²

² <https://www.loerrach.de/ceasy/resource/?id=18180&download=1>

Es wurde unterstellt, dass jede der 4 Mehrfamilienhaus-Reihen (s. Abbildung 10) von einer großen gemeinsamen Tiefgarage unterbaut ist. Diese Annahme basiert auf dem Stand von August 2020. Sollte sich der Anteil von Fahrzeugen in Tiefgaragenstellplätzen im Verhältnis zum Anteil von Fahrzeugen an Reihenhäusern deutlich ändern, würde sich eine erneute Simulation empfehlen. Gleiches gilt für die Gebäude für besondere Wohnformen, hier wurde ebenfalls eine gemeinsame Tiefgarage angenommen. In Summe werden demnach 5 große Tiefgaragen unterstellt, die der Vereinfachung halber gleich groß angenommen werden. In allen Tiefgaragen ist davon auszugehen, dass das gesamte Ladeaufkommen mittels Lastmanagement minimiert wird, während Ladepunkte in den Reihenhäusern im Normalfall ohne Lastmanagement ans Netz gehen dürften. Dies wurde in der Analyse berücksichtigt.

Tabelle 2 legt den zugrunde liegenden Ausgangswert der geschätzten 280 Haushalte im gesamten Quartier, um auf die zur Simulation nötige Eingangsgröße „EinwohnerInnen“ zu schließen. Hierzu wurde zuerst die geschätzte Anzahl an Wohneinheiten in Reihenhäusern händisch aus dem Entwurfsplan ausgezählt (52). Die verbleibenden 228 Haushalte wurden gleichverteilt auf die 5 Tiefgaragen umgelegt (4x MFH und 1x Gebäude mit besonderen Wohnformen). Das Quartier wird also unterteilt in 52 Haushalte ohne Lastmanagement und 5x 45,6 Haushalte mit Lastmanagement.

Tabelle 2: Ableitung der Eingangsgröße "EinwohnerInnen"

Wohneinheiten	Haushalte	Einwohner*
Wohneinheiten gesamt	280	588
Wohneinheiten in Reihenhäuser	52	109,2
Restliche Wohneinheiten (→ MFH und besondere Wohnformen)	228	478,8
Wohneinheiten je Tiefgarage (5 Stück)	45,6	95,76

*Wohneinheiten x 2,1 Einwohner je Wohneinheit³

3.2. Szenarien

Da der Markt für Elektromobilität derzeit von großer Dynamik gekennzeichnet ist, ist auch der Blick in die Zukunft von großer Unsicherheit geprägt. Im Elektromobilitätskonzept Lörrach (2021) wird diese Entwicklung aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchtet. Hier werden Prognosen zur Marktdurchdringung im Pkw-Bestand von etwa 20% im Jahr 2030 vorgestellt. Gleichwohl erfordern die Produktlebenszyklen im Wohnungsbau einen noch weiter in die Zukunft gerichteten Blick. Es wurde deshalb auch

³ Mittlere Belegungsdichte: https://www.statistik-bw.de/Wohnen/WkostenVerhaeltnis/BW-BT_belegungsdichte.jsp abgerufen: 25.06.2021

ein Szenario 2040+ aufgenommen, das eine anhaltend starke Entwicklung der Absatzzahlen über die kommenden beiden Jahrzehnte unterstellt.

Elektrifizierungsquoten im Pkw-Bestand:	8% (im Jahr 2025)
	20% (im Jahr 2030)
	45% (im Jahr 2040+)

Auch der im weiteren Verlauf des Kapitels angenommene Wert für das Lastmanagement steigt mit der Anzahl der Fahrzeuge an. Es wird stets ein ausreichend großer Wert gewählt, um die Ladebedarfe bis zum nächsten Morgen gestillt zu haben. Gleichzeitig wird der Wert vor der Zielsetzung eines netzdienlichen Betriebs möglichst gering gewählt.

3.3. Ergebnisdarstellung

Das Prognose-Tool wurde entsprechend der Aufteilung der Einwohner auf Wohneinheiten und der je Szenario resultierenden Anzahl an Elektrofahrzeugen eingestellt. Die Ergebnisse der Berechnungen werden im folgenden Kapitel dargestellt.

Um die Ergebnisse einordnen zu können, sind folgende Hintergründe relevant:

- **Auswirkung der Gleichzeitigkeit:** Die Lastprognosen für die unregelmäßigen Ladebedarfe sind stark von der Gleichzeitigkeit der Ladestarts [sowie der Ladeleistung, welche hier aber einheitlich mit 11 kW unterstellt wurde] abhängig. In allen uns bekannten Simulationen, aber auch bspw. im Rahmen des EnBW-Projekts E-Mobility-Allee (Ostfildern)⁴ zeigte sich eine überaus geringe Gleichzeitigkeit (s. Abbildung 11). Um der Gleichzeitigkeit im Prognose-Tool des ISME Rechnung zu tragen, unterliegen die Ladestarts innerhalb voller Stunden einer zufälligen Zuteilung auf die enthaltenen Viertelstunden. Dies führt dazu, dass jede Neuberechnung im Tool bei gleichbleibenden Eingangsgrößen zu etwas abweichenden Ergebnissen führt. Hieraus ergeben sich für alle fünf Tiefgaragen im Modell (s. Tabelle 2) leicht abweichende Lastgänge, was auch aus den Ergebnisdiagrammen in diesem Kapitel ersichtlich ist.

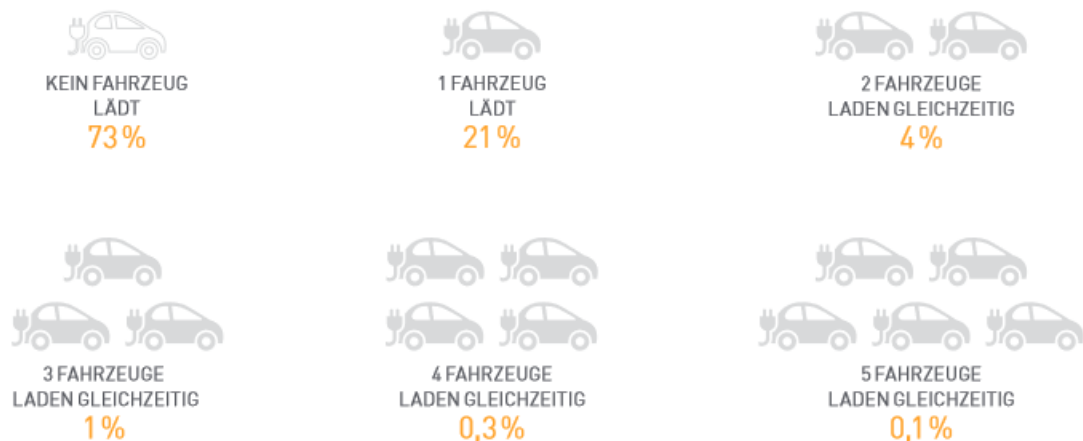


Abbildung 11: Gemessene Gleichzeitigkeit von Ladevorgängen in der E-MOBILITY-ALLEE (Gesamt: 10 Fahrzeuge)⁵

- **Auswirkung des Lastmanagements:** Erst durch die bedarfsorientierte Auslegung von Lastmanagement – und in diesem Zuge mit einer Beschränkung der maximal je Tiefgarage abgerufenen Last – lassen sich belastbare Aussagen zur Verteilung der Ladebedarfe treffen. Die Unsicherheit, die aus der Gleichzeitigkeit resultiert, kann damit aufgefangen werden. Aus diesem Grund sollte

⁴ Vgl. <https://www.netze-bw.de/e-mobility-allee> (20.06.2021)

⁵ Vgl. „Die E-MOBILITY-ALLEE; Das Stromnetz-Reallabor zur Erforschung des zukünftigen E-Mobility-Alltags“, https://assets.ctfassets.net/xytflb1vrn7of/6gXs8wiRSF0E2SgkwSq406/fc1c9430ba88b81c31e399242b09b17e/20191217_BroschuereE-Mobility_210x275mm_100Ansicht.pdf (20.06.2021)

bei MFH stets auf die Umsetzung eines Lastmanagements hingewirkt werden; nur so lässt sich ein netzverträglicher Ausbau von Ladepunkten im privaten Raum realisieren. Die Ladebedarfe der einzelnen Fahrzeuge sind im Mittel auch mit Ladeleistungen von 1-3 kW problemlos nachzuladen.

- **Unterschied Wochentag (WT) und Wochenendtag (WE):** Aus dem Modell folgt, dass an Wochentagen mit einer mittleren Tagesfahrleistung von 25 km, an Wochenendtagen mit einer mittleren Fahrleistung von 35 km für die Nutzergruppe Privat-Pkw gerechnet wird (s. Abbildung 5). Da für das Wohngebiet Bühl III keine anderen Nutzergruppen relevant sind, ergeben sich keine überlagerten Effekte aus bspw. gewerblichen Fuhrparks etc. Deshalb liegt es tendenziell nahe, dass die globalen Spitzenlasten in den WE-Szenarien etwas höher liegen als in den WT-Szenarien. Gleichwohl kann die Spitzenlast in WT-Szenarien aufgrund der Auswirkungen des Gleichzeitigkeitsfaktors (und der oben erläuterten semi-zufälligen Zuteilung der Ladestarts) auch über der Spitzenlast in WE-Szenarien liegen.

Die Lastgänge selbst finden sich in den beiden Kapiteln für Wochentage (WT, s. Kapitel 3.3.2) und Wochenendtage (WE, s. Kapitel 3.3.3). Die entsprechenden Abbildungen werden an dieser Stelle unkommentiert aufgeführt. Eine Gesamtübersicht der globalen Spitzenlasten erfolgt in Tabellenform im Fazit. Dort lassen sie die Unterschiede zwischen den Wochentagen und den Wochenendtagen, zwischen unregelmäßigem Laden und dem Einsatz von Lastmanagement sowie zwischen den drei Szenarien leicht erfassen. Im Fazit erfolgt zudem eine Interpretation der Ergebnisse.

3.3.1. Anzahl Elektrofahrzeuge

Die Anzahl der Elektrofahrzeuge je Szenario kann Tabelle 3 entnommen werden. Hierzu wird zuerst je Wohnungstyp die Anzahl der Fahrzeuge aus der Bewohnerzahl (s. Tabelle 2) abgeleitet, indem der Pkw-Motorisierungsgrad von 53% angelegt wird. Aus dem Pkw-Bestand – der für die Analyse als konstant über die Zeit angenommen wird – resultieren die jeweiligen (aufgerundeten) BEV-Bestände je Szenario.

Tabelle 3: Herleitung der Fahrzeuganzahl (BEV je Szenario)

Anzahl Fahrzeuge in: (gerundet)	Pkw*	BEV		
		8% (2025)	20% (2035)	45% (2040+)
Reihenhäuser (52 Wohneinh.)	58	5	12	27
MFH + besondere Wohnformen				
→ gesamt (228 Wohneinh.)	254	21	51	115
→ je TG (46 Wohneinh.)	51	4	10	23
Gesamt Bühl III	312	26	63	142

* Pkw-Motorisierungsgrad Lörrach von ca. 53% (Quelle: Kraftfahrtbundesamt zum Stichtag 01.01.2020)

3.3.2. Lastgänge Wochentage (WT)

Szenario 8% (im Jahr 2025)

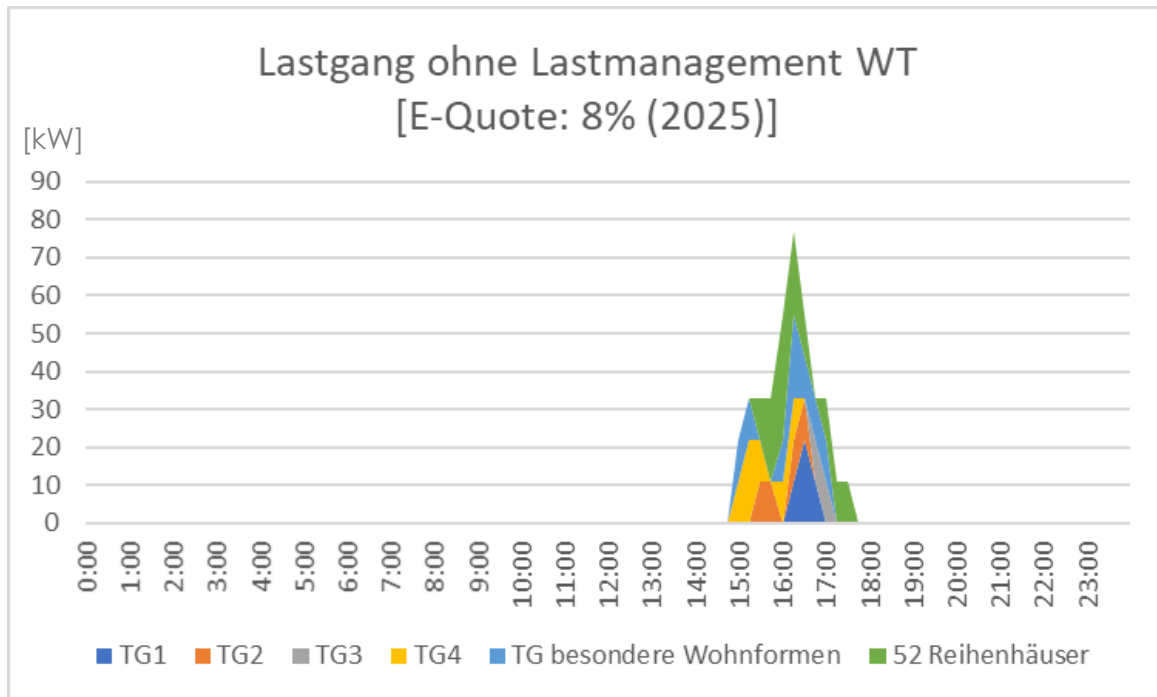


Abbildung 12: Exemplarischer Lastgang ohne LtM (WT) für eine E-Quote von 8%

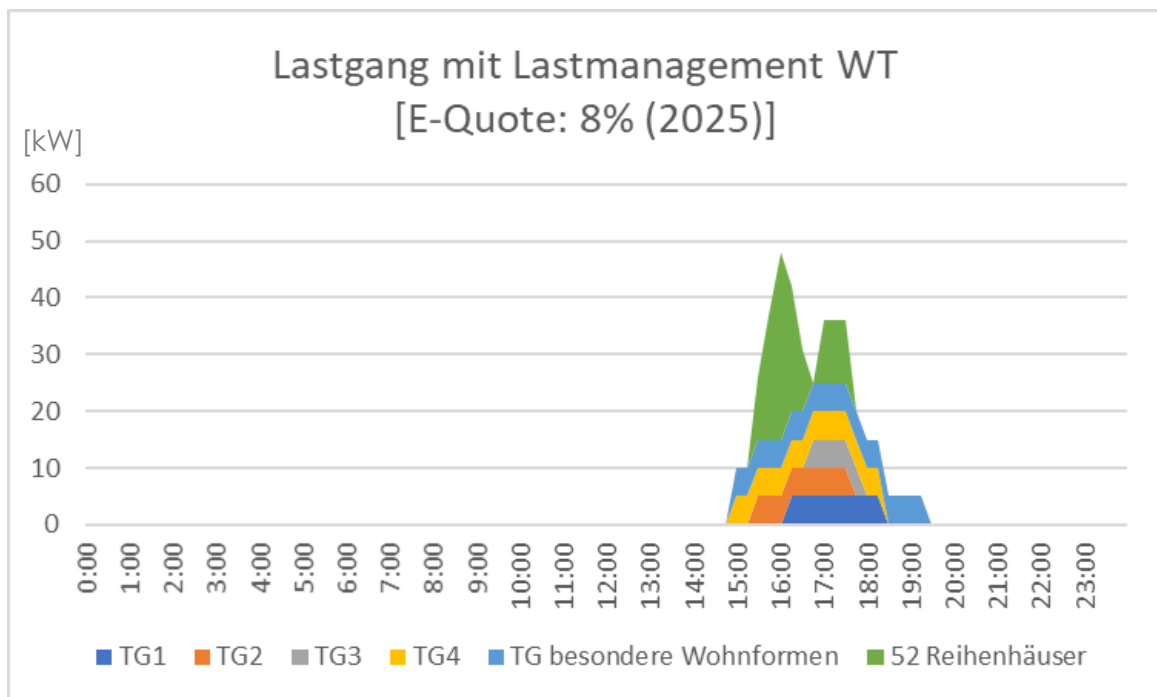


Abbildung 13: Exemplarischer Lastgang mit LtM (WT) für eine E-Quote von 8%

Je Tiefgarage wurde die Lastbegrenzung mit 5 kW kalkuliert. Unter dieser Prämisse muss nicht in die Nacht hinein geladen werden.

Szenario 20% (im Jahr 2035)

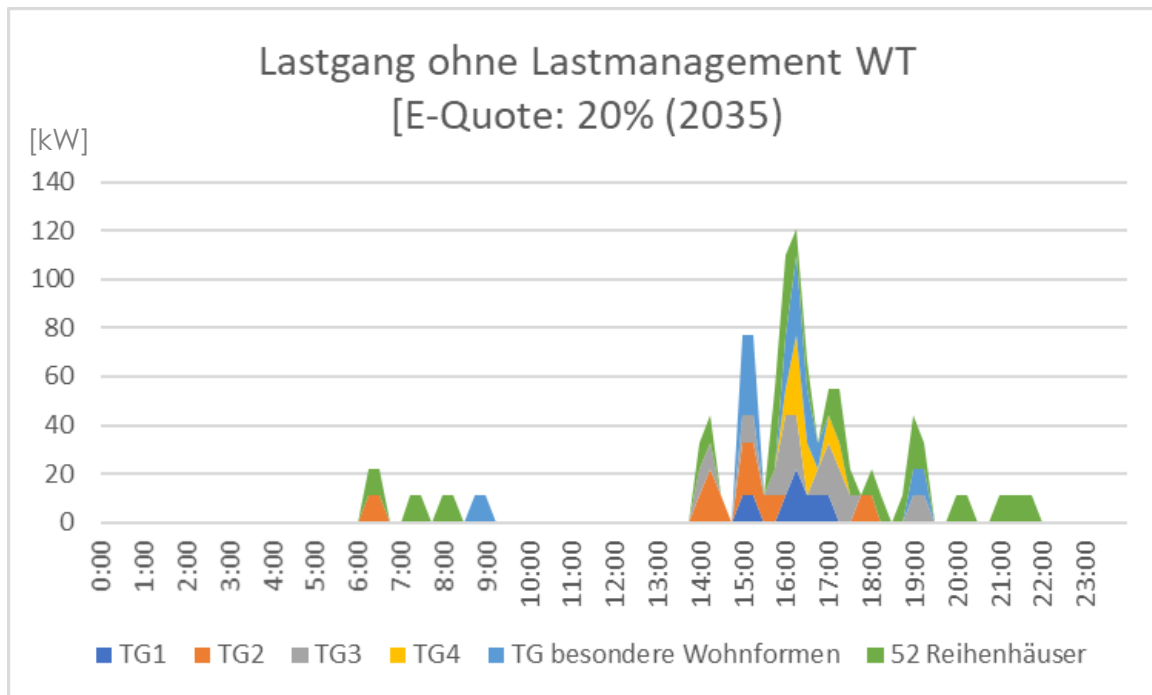


Abbildung 14: Exemplarischer Lastgang ohne LtM (WT) für eine E-Quote von 20%

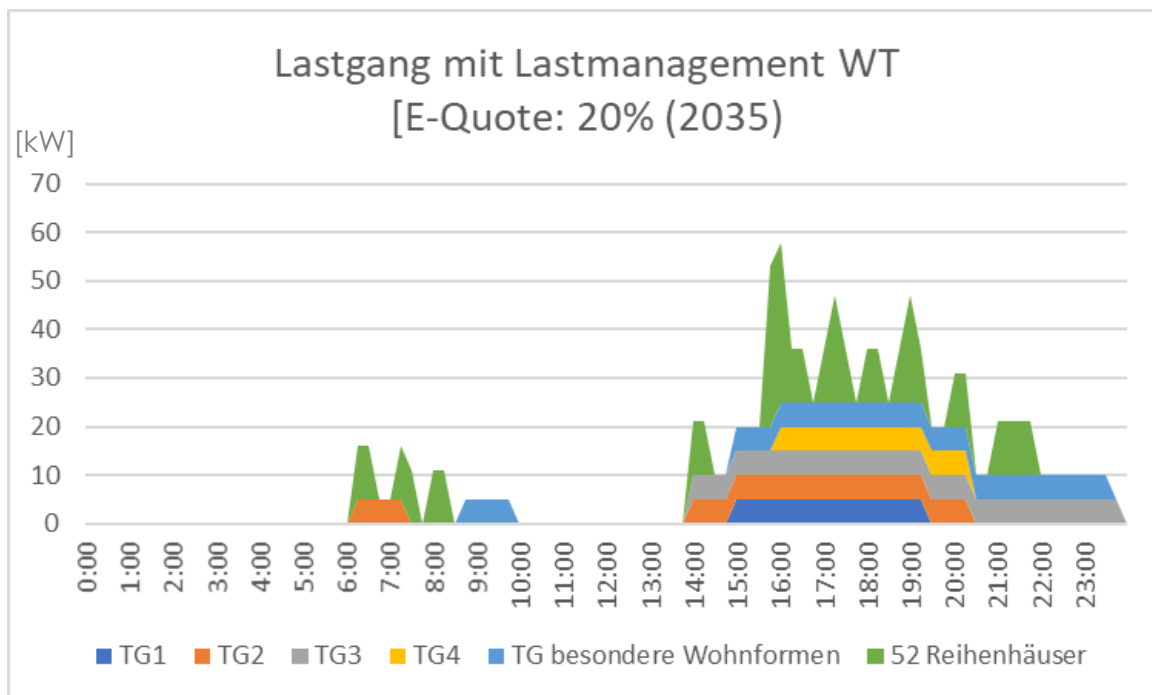


Abbildung 15: Exemplarischer Lastgang mit LtM (WT) für eine E-Quote von 20%

Je Tiefgarage wurde die Lastbegrenzung mit 5 kW kalkuliert. Die Ladebedarfe sind unter dieser Prämisse gegen Mitternacht gestillt.

Szenario 45% (im Jahr 2040+)

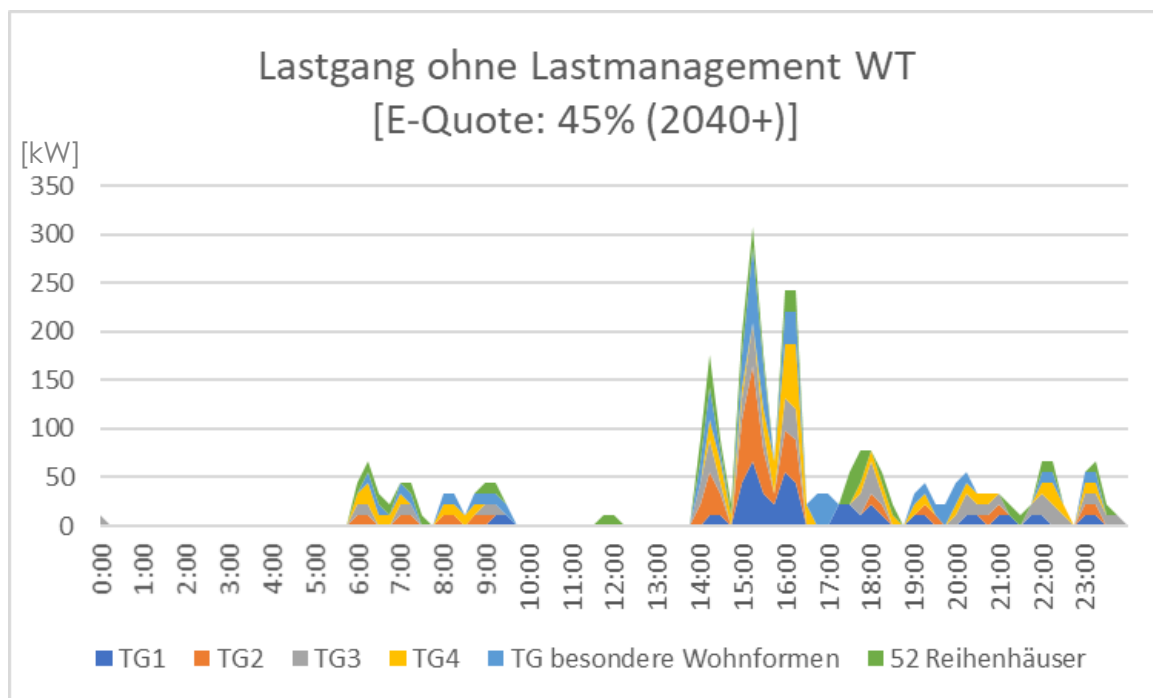


Abbildung 16: Exemplarischer Lastgang ohne LtM (WT) für eine E-Quote von 45%

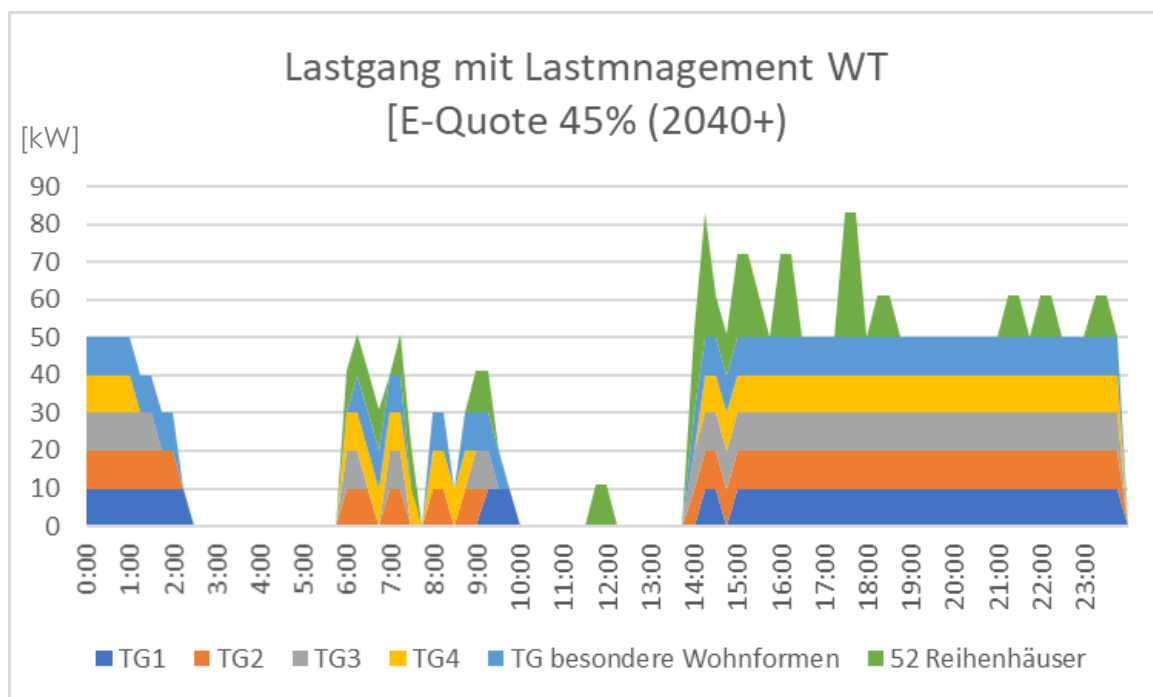


Abbildung 17: Exemplarischer Lastgang mit LtM (WT) für eine E-Quote von 45%

Je Tiefgarage wurde die Lastbegrenzung mit 10 kW kalkuliert. Die Ladebedarfe sind unter dieser Prämisse gegen 2 Uhr nachts gestillt.

3.3.3. Lastgänge Wochenendtage (WE)

Szenario 8% (im Jahr 2025)

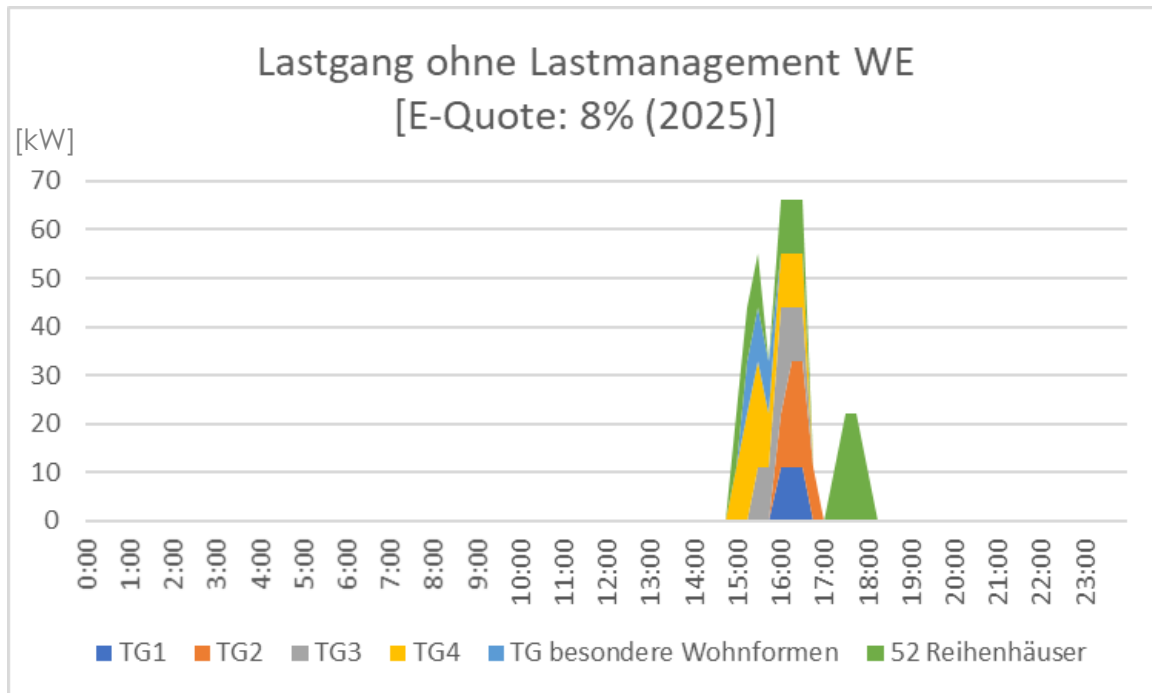


Abbildung 18: Exemplarischer Lastgang ohne LtM (WE) für eine E-Quote von 8%

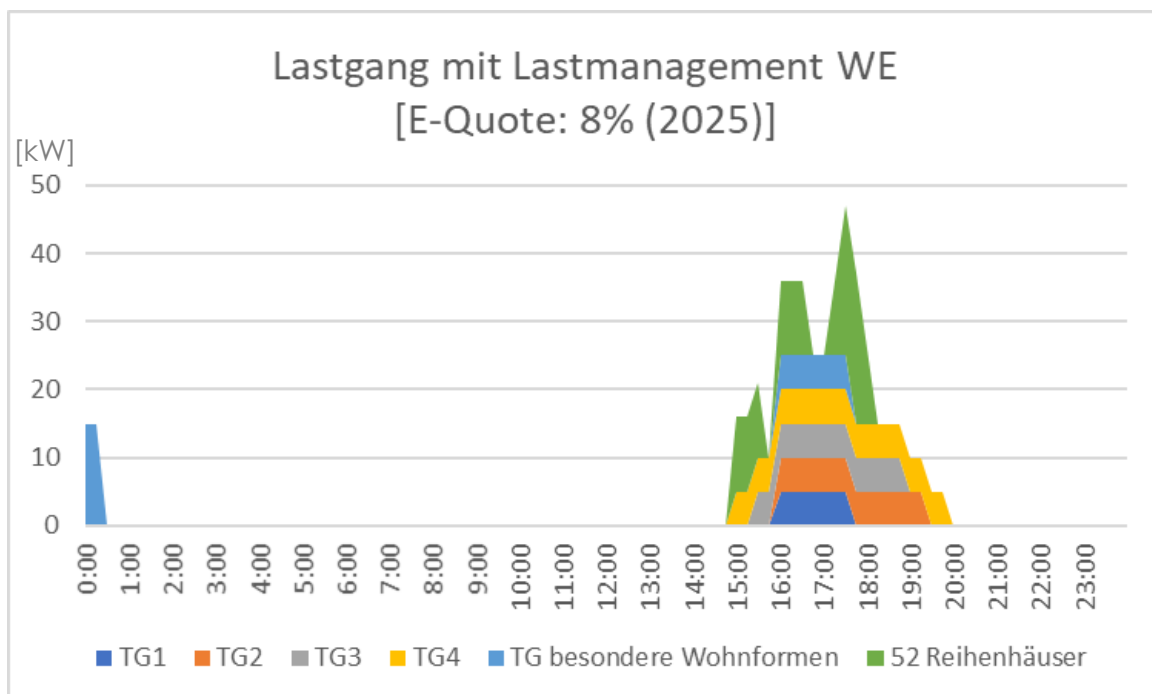


Abbildung 19: Exemplarischer Lastgang mit LtM (WE) für eine E-Quote von 8%

Je Tiefgarage wurde die Lastbegrenzung mit 5 kW kalkuliert. Unter dieser Prämisse muss nicht in die Nacht hinein geladen werden.

Szenario 20% (im Jahr 2035)

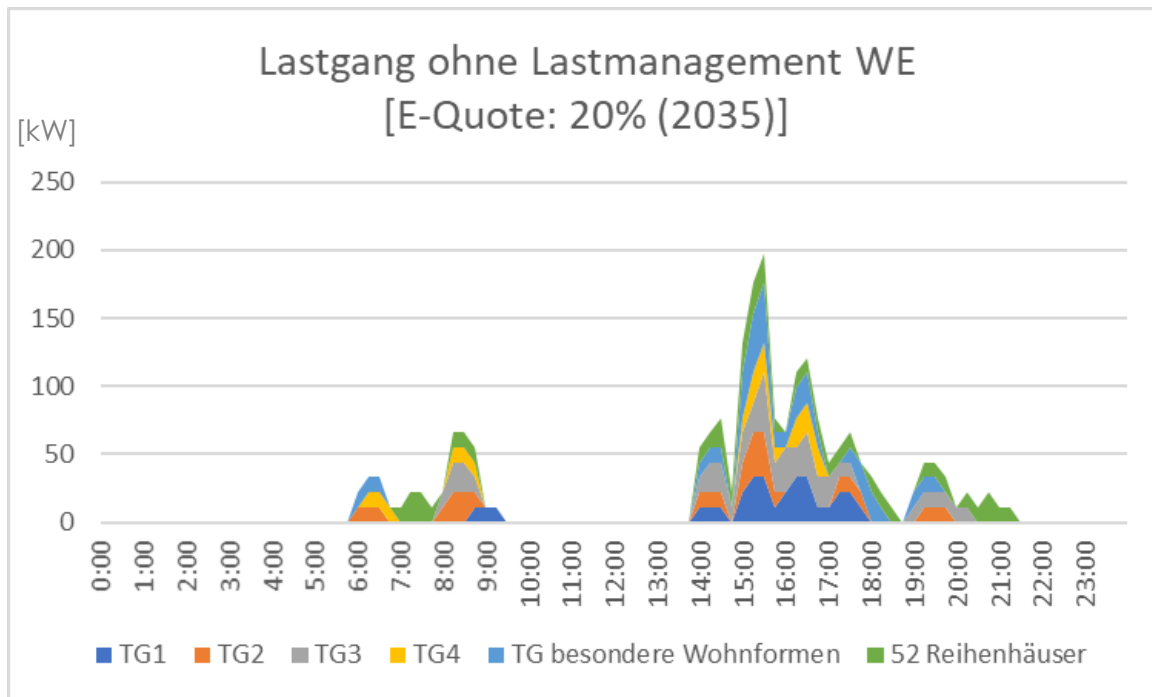


Abbildung 20: Exemplarischer Lastgang ohne LtM (WE) für eine E-Quote von 20%

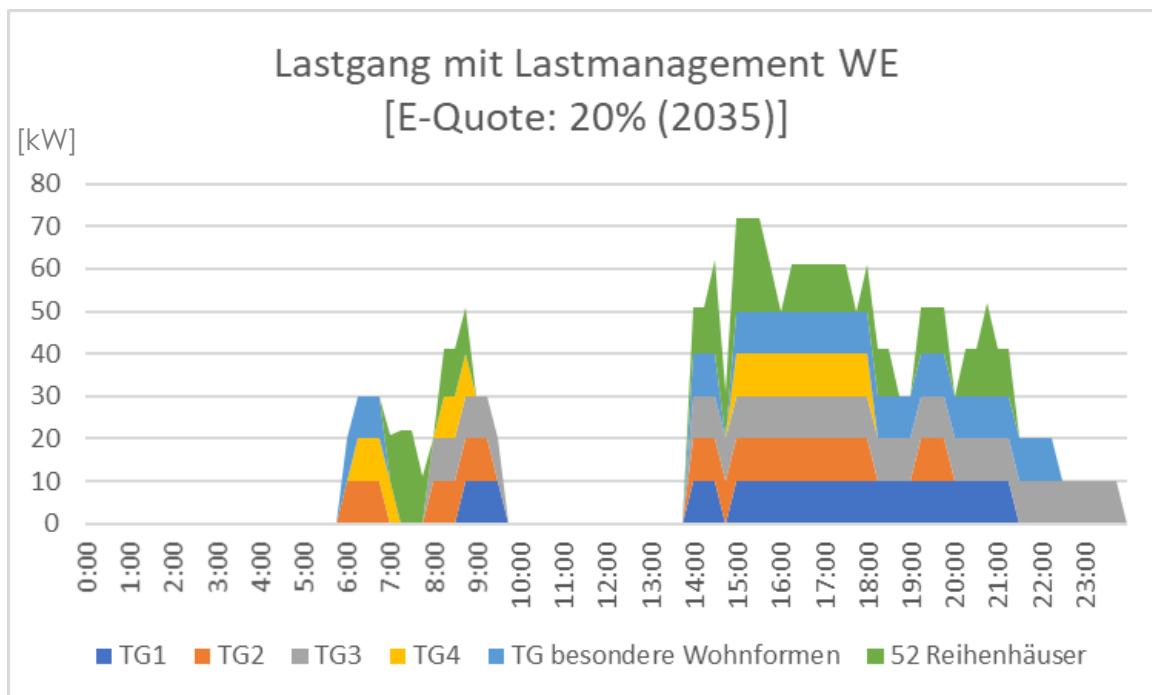


Abbildung 21: Exemplarischer Lastgang mit LtM (WE) für eine E-Quote von 20%

Je Tiefgarage wurde die Lastbegrenzung mit 10 kW kalkuliert. Die Ladebedarfe sind unter dieser Prämisse gegen Mitternacht gestillt.

Szenario 45% (im Jahr 2040+)

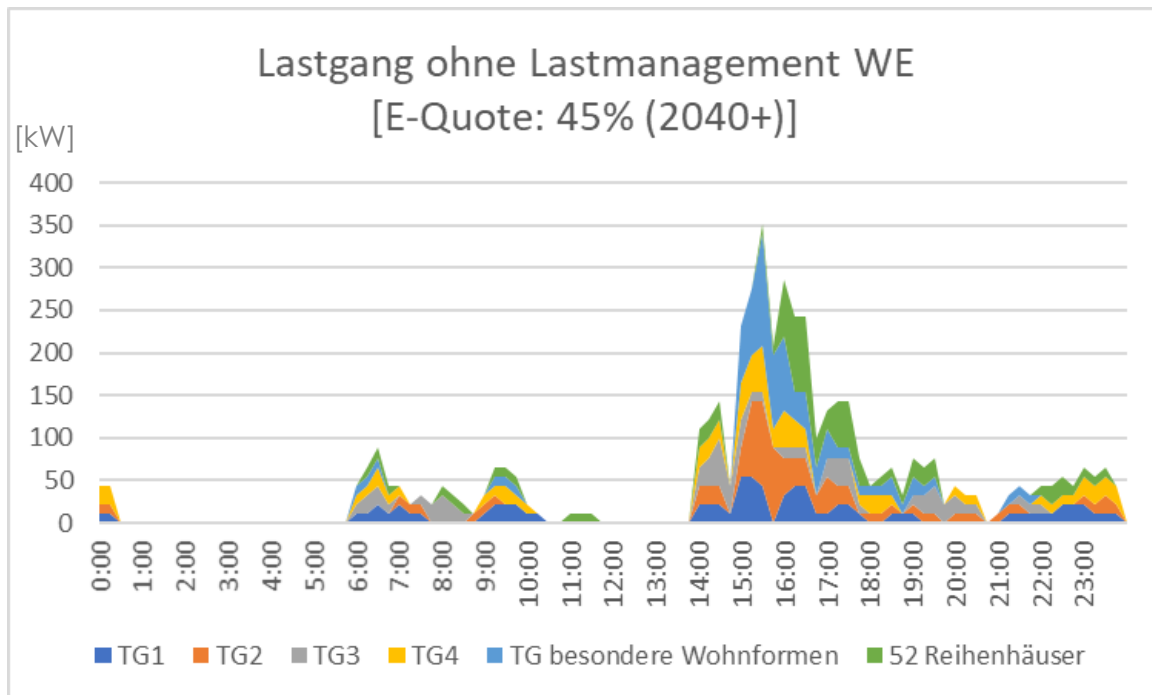


Abbildung 22: Exemplarischer Lastgang ohne LtM (WE) für eine E-Quote von 45%

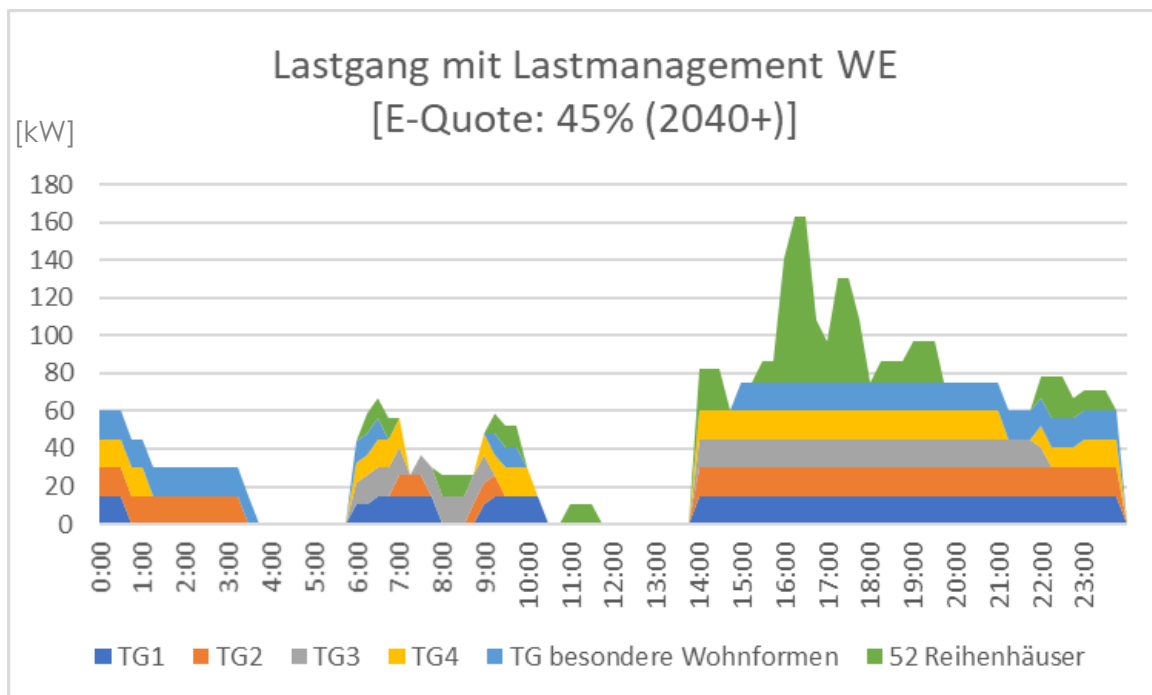


Abbildung 23: Exemplarischer Lastgang mit LtM (WE) für eine E-Quote von 45%

Je Tiefgarage wurde die Lastbegrenzung mit 15 kW kalkuliert. Die Ladebedarfe sind unter dieser Prämisse gegen 4 Uhr morgens gestillt.

4. Fazit

Die Lastgangprognosen für das Neubaugebiet Bühl III wurden in vorliegender Ausarbeitung mithilfe eines 2018 am ISME entwickelten Prognose-Tools ermittelt. Das Prognose-Tool ist so entwickelt worden, dass alle Nutzergruppen von Elektrofahrzeugen in jedem Gebietstyp integriert betrachtet und simuliert werden können. Da das Neubaugebiet Bühl III ein allgemeines Wohngebiet wird, das zudem nicht an überregionale Straßen (Durchfahrende) angrenzt, kann die Analyse durch die ausschließliche Betrachtung von nur einer der fünf Nutzergruppen des Modells erfolgen: Den sog. Privat-Pkw.

Das Modell selbst wird in Kapitel 2 erläutert. Hierin wird dargestellt, dass die fünf Nutzergruppen so gewählt wurden, dass sie das gesamte Mobilitätsaufkommen eines Quartiers abdecken und gleichzeitig die jeweiligen Ladeorte determinieren und eine quellenbasierte Ableitung von Tageslaufleistungen (was Ladebedarfen entspricht) erlauben.

Das Ergebniskapitel 3 beschreibt zuvorderst, welche konkreten Eingangsgrößen aus dem Quartier Anwendung finden (Anzahl geplante Wohneinheiten, Konstellation der Gebäude) und welche Ableitungen hieraus gezogen werden (angenommene Anzahl Pkw und BEV, Quantifizierung von Tiefgaragen, Zuordnung von Ladepunkten mit und ohne Lastmanagement). Zudem wird kurz Stellung zu den verwendeten Szenarien genommen.

Hierauf folgen 12 exemplarische Lastgänge. Jeweils sechs Lastgänge für einen Wochentag und für einen Wochenendtag. Für jedes der drei Szenarien werden jeweils ein Lastgang ohne Lastmanagement und ein Lastgang mit Lastmanagement untereinander dargestellt. Hieraus lässt sich gut ersehen, welchen ordnenden Faktor das Lastmanagement darstellen kann – sofern es denn eingesetzt werden kann: In den Reihenhäusern ist der Einsatz eines Lastmanagement unwahrscheinlich, da hier gemeinhin nur ein bis zwei Ladepunkte je Gebäude entstehen, während in Tiefgaragen deutlich höhere Stückzahlen verbaut werden. Erst hierdurch wird ein Lastmanagement umsetzbar.

Die jeweiligen globalen Spitzenlasten des Gesamtquartiers aus den exemplarischen Lastgängen sind den folgenden Tabellen zu entnehmen. Tabelle 4 zeigt dabei die Spitzenlasten ohne Lastmanagement, Tabelle 5 mit Lastmanagement in den Tiefgaragen der Mehrfamilienhäuser und Gebäuden der besonderen Wohnformen.

Tabelle 4: Globale Spitzenlasten [kW] ohne Lastmanagement

Globale Spitzenlast [kW] ohne Lastmanagement	Szenario		
	8% (2025)	20% (2035)	45% (2040+)
WT	77 kW	121 kW	308 kW
WE	66 kW	198 kW	352 kW

Tabelle 5: Globale Spitzenlasten [kW] mit Lastmanagement

Globale Spitzenlast [kW] mit Lastmanagement	Szenario		
	8% (2025)	20% (2035)	45% (2040+)
WT	48 kW	58 kW	83 kW
WE	47 kW	72 kW	163 kW

Entsprechend den Ausführungen in Kapitel 3.3 könnte eine erneute Berechnung mit den gleichen Eingangsgrößen zu relativ deutlichen Abweichungen in den globalen Lastspitzen ohne Lastmanagement führen, da die Gleichzeitigkeit des Ladebeginns, wie sie aus dem zufälligen Element des Tools resultiert, voll durchschlägt. Abweichungen von 25% und mehr sind hier durchaus denkbar.

Dagegen weisen die globalen Spitzenlasten mit Lastmanagement gut belastbare Werte auf. Der Effekt der Gleichzeitigkeit wird durch die Verlagerung der Ladebedarfe auf spätere Zeitpunkte (Abendstunden und Nacht) aufgefangen. Die gesamten Ladebedarfe sind gut durch Quellen zu den Tageslaufleistungen abgesichert, so dass die größte Unbekannte stets durch die Lastbegrenzung in der jeweiligen Tiefgarage besteht. Für die Modellierung wurden fünf gleichgroße Tiefgaragen unterstellt und die (einheitlich) simulierten Lastbegrenzungen werden jeweils unter dem Ergebnisdiagramm genannt. Aus Netzbetreibersicht stellen demnach die Ladepunkte an Reihenhäusern die am schwierigsten planbaren Bedarfe im Gesamtgebiet dar.

Abbildung 24 visualisiert abschließend die Werte der vorstehenden Tabellen. Vor allem mit steigender Marktdurchdringung zeigen sich die massiven netzdienlichen Vorteile von Lastmanagement auf der jeweiligen Gebäudeebene. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, in den Tiefgaragen (MFH und besondere Wohnformen) stets auf den Einsatz eines Lastmanagements hinzuwirken. Es steht zu erwarten, dass zertifizierte Elektrotechnikbetriebe von sich aus das Thema Lastmanagement in die Planung einbringen.

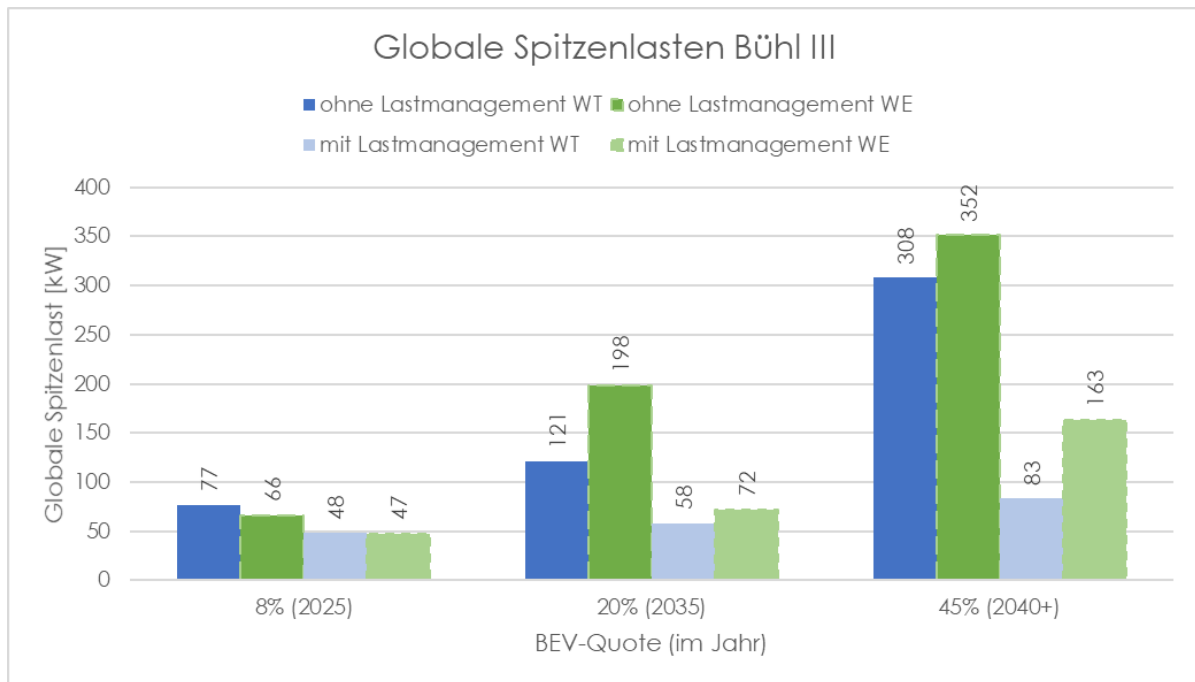


Abbildung 24: Globale Spitzenlast [kW] ohne/mit Lastmanagement

5. Literaturverzeichnis

Wege Zwecke und Profile:

- MiD 2008: Mobilität in Deutschland 2008 Ergebnisbericht Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends, infas, DLR, BMVBS (Hg.). www.mobilitaet-in-deutschland.de
- KID 2010: Mobilitätsstudie Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010 – Ergebnisse im Überblick. wvi, ivt, DLR, KBA. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/kid-2010.pdf?__blob=publicationFile
- MOP 2016: Weiß, C. et.al.: Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen Bericht 2015/2016: Alltagsmobilität und Fahrleistung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT). https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/mop-jahresbericht-2015-2016.pdf?__blob=publicationFile

Fuhrparkgrößen

- eCar-Park 2016: Schmid M., Metzger, M.: Gemeinsamer Abschlussbericht Forschungsprojekt eCar-Park Sindelfingen: FuE-Programm "Schaufenster Elektromobilität" der Bundesregierung : Schaufenster: LivingLab BW mobil (Baden-Württemberg). https://www.tib.eu/de/suchen/download/?tx_tibsearch_search%5Bdocid%5D=TIBKAT%3A873633350&cHash=43e6f5ff2fbad81ec7246d43466de3b#download-mark

Fahrzeugverbräuche:

- IBP 2016: Graf, R., Eckert, S.: Abschlussbericht: Bewertung der Praxistauglichkeit und Umweltwirkungen von Elektrofahrzeugen, BMVI (Hg.), Fraunhofer IBP, thinkstep AG, 2016. https://www.starterset-elektromobilitaet.de/content/3-Infothek/3-Publikationen/16-abschlussbericht-bewertung-der-praxistauglichkeit-und-umweltwirkungen-von-elektrofahrzeugen/now_handbuch_elektrofahrzeuge_web.pdf
- FHE 2017 Braun, A., Rid, W: Energy consumption of an electric and an internal combustion passenger car. A comparative case study from real world data on the Erfurt circuit in Germany, Stuttgart 2017. <https://cyberleninka.org/article/n/1501543.pdf>