

Analyse des Ladestrombedarfs

Elektromobilität ohne Netzverstärkung – Teil 1

In einem Mehrfamilienwohngebäude lässt sich der Ladestrom einer komplett elektrifizierten Tiefgarage durch den nur für den gewöhnlichen Haushaltsstrom dimensionierten Netzanschluss bewerkstelligen. In einer Studie wurden sowohl der Haushaltsstrom-Lastgang als auch der Ladestrombedarf analysiert. Eine Verstärkung des Netzanschlusses des Wohngebäudes ist nicht erforderlich. Im Teil 1 zeigt der Verfasser eine Simulationsstudie zum Lastgang des Haushaltsstroms. Im in der nächsten Ausgabe folgenden Teil 2 wird analysiert, welchen Komfort die ungenutzte Anschlussleistung für den Ladebetrieb ermöglicht.

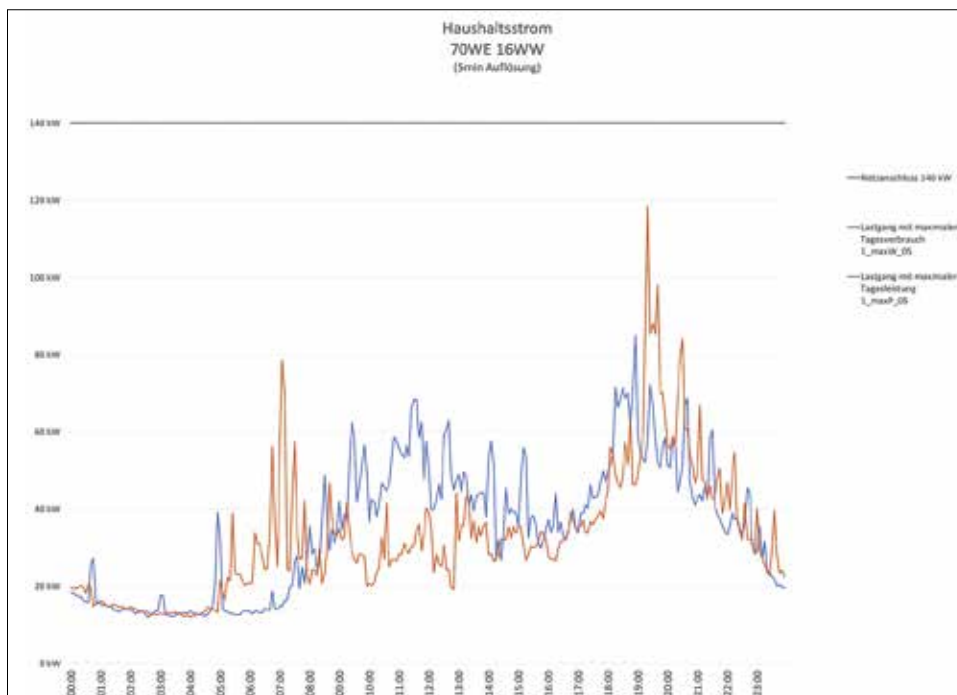


Bild 1. Lastgangbeispiele mit höchstem Tagesverbrauch (35 kW Mittelwert) und höchster Lastspitze (119 kW)

Quelle: SynPRO

antwortlichen mit einem zukunfts-fähigen Mobilitätskonzept beschäftigt haben. Unter anderem sollten drei Stellplätze für Carsharing-Fahrzeuge reserviert werden.

Selbstverständlich sollten alle Stellplätze »zukunfts-fähig« für elektrische Ladestationen vorgerüstet sein. Allerdings überstieg der für das Bauvorhaben berechnete Gesamtstromanschluss den maximal verfügbaren Wert für das Baufeld um das Dreifache! Die erwünschte Zukunftsfähigkeit schien schon lange vor dem Einzug beendet zu sein. Doch den enttäuschten Bauherren wurde schnell ein Ausweg präsentiert. Ein speziell für das Bauvorhaben installierter 20 000-V-Mittelspannungstransformator könne für eine ausreichende Versorgung sorgen. Erst als sich herausstellte, dass dieser Transformator mit seinen bedenklichen elektromagnetischen Streufeldern Wand an Wand zum geplanten Kinder-toberaum platziert werden muss, fingen die Planer an, den Stromanschlussbedarf – insbesondere unserer zukünftigen Elektromobilität – etwas genauer zu betrachten.

Netzanschluss für Elektromobilität

Was ist allgemein bekannt über die Ladeinfrastruktur von Elektromobilität?

- Theoretisch ist das Laden an einer haushaltsüblichen Schuko-Steckdose möglich, davon ist aber aus Sicherheitsgründen abzuraten (Verbraucherzentrale).
- Die üblichen Ladeleistungen liegen für den Heimbedarf zwischen 1,4 kW und 22 kW (Verbraucherzentrale [3]).
- Im KfW-Programm für den Heimbedarf 440 [4] werden nur »Wall-

Mehrgenerationen-Wohnprojekt

Im März 2018 wurde das Projekt »49°Nord – rundum bunt« [1] gestartet und das Ziel formuliert: Lebenslanges Gemeinschaftliches Wohnen in einer von uns gestalteten zukunftsfähigen Architektur in einem urbanen Umfeld. Drei Jahre später wurde zusammen mit zwei anderen Baugruppen ein Grundstück erworben und die Baugenehmigung für einen Gebäudekomplex mit 70 Wohneinheiten und 53 Pkw-Stellplätzen in der städteplanerisch vorgeschriebenen Tiefgarage erhalten [2]. Der Stellplatzschlüssel von weniger als einem Stellplatz je Wohnung zeigt, dass sich die Ver-



Dipl.-Phys. Dr. **Michael Grünert**, Energieeffizienz-Experte für Förderprogramme des Bundes, Ingenieurbüro für energieeffiziente Lebensgestaltung, Mainz

boxen« mit 11 kW Ladebegrenzung gefördert.

- Die »Supercharger« [5] des E-Mobilitäts-Pioniers »Tesla« wurden anfangs mit 90 kW Ladeleistung gebaut. Inzwischen haben erste Tesla-Ladestationen über 250 kW Anschlussleistung.

Eine hohe Ladeleistung erscheint also als Voraussetzung für den Umstieg zu einer zukunftsfähigen Mobilität. Die geplanten 53 Stellplätze des Wohnprojekts sollten demnach überwiegend mit 11-kW bis 22-kW-Ladesäulen ausgestattet werden, wobei die drei Carsharing-Plätze eine Schnellladekapazität von möglichst 70 kW erreichen sollten. In der Netzanschlussberechnung wurden unter Berücksichtigung von Gleichzeitigkeitsfaktoren insgesamt rd. 150 kW als Anteil der Kfz-Elektromobilität berücksichtigt.

Wenn der Mittelspannungstransformator im Wohngebäude vermieden werden sollte, musste die vom Netzbetreiber angebotene Gesamt-Anschlussleistung von 250 kW genügen. Davon waren die Planer sehr weit entfernt.

Fragestellung: Ladeinfrastruktur ohne zusätzlichen Stromanschluss?

Zunächst war es nötig, sich von der gängigen Meinung zu lösen, dass E-Autos nicht nur zusätzlichen Strom benötigen, und dass dieser Strom nur durch eine Netzverstärkung zum Verbraucher gelangen kann. In der Mainzer Allgemeinen Zeitung vom 05.08.2021 war nach einem Informationsaustausch mit den Mainzer Stadtwerken zu lesen: »Ist das Mainzer Stromnetz für immer mehr E-Autos gerüstet? Die Zahl der Ladestellen in privaten Garagen steigt. Die Anbieter fühlen sich gut vorbereitet. Auf Eigentümer, die ihren Netzanschluss verstärken wollen, kommt dennoch einiges zu. ...«

Für die hier beschriebene Studie wurde daher folgende Frage formuliert:

- Können mit dem Netzanschluss für den Haushaltsstrom von 70 Wohneinheiten (davon 16 mit elektrischer Warmwasserbereitung) gleichzeitig auch 53 Stell-

Anzahl Wohneinheiten	Hausanschluss ohne elektrische Warmwasserbereitung kW	Hausanschluss mit elektrischer Warmwasserbereitung kW
5	41	81
10	55	107
16	67	125
20	72	134
30	82	153
40	89	165
70	102	189
80	104	195
100	108	205

Tafel 1. Hausanschlusswerte lt. DIN 18015

plätze (davon drei für Carsharing) betrieben werden?

Die Fragestellung vereinfacht das oben beschriebene Projekt in Bezug auf die nicht erwähnte Haustechnik, die mit den insgesamt erwähnten 250 kW Anschlussleistung zusätzlich noch betrieben wird. Auch nicht berücksichtigt ist die geplante große Photovoltaikanlage mit einem elektrischen Speicher.

Wenn es eine positive Lösung gäbe, müsste sie offensichtlich durch ein Energiemanagement geleistet werden. Der Haushaltsstrom muss dabei Priorität haben. Ladestrom steht dann zur Verfügung, wenn der Netzanschluss nicht vollständig für den Haushaltsstrom benötigt wird. Bisher wird Energiemanagement typischerweise für die bevorzugte Nutzung von Photovoltaikstrom eingesetzt, solange die Stromerzeugung immer noch fossile Quellen nutzt. Die hier vorliegende Fragestellung hat dagegen einen anderen Schwerpunkt. Lassen sich die Lastgangkurven von Haushaltsstrom und die Lastgangkurven von E-Autos so aufeinander abstimmen, dass der gewünschte Komfort ohne Stromnetzverstärkung erreicht werden kann? Zunächst stand also die Beschäftigung mit dem Haushaltsstrom eines 70-Parteien-Wohngebäudes an.

Stromanschluss eines Wohngebäudes

Ein Hausanschluss eines Mehrfamilienhauses muss den maximalen

momentanen Strombedarf der Haushalte abdecken können. »Gleichzeitigkeit« ist hierbei das wichtige Stichwort. Die Hausanschlusswerte sind keinesfalls proportional zur Anzahl der Wohneinheiten! Die DIN 18015 »Elektrische Anlagen in Wohngebäuden« listet die normativen Anschlusswerte, von denen hier einige aufgeführt werden (Tafel 1):

Ein Gebäude mit elektrischen Durchlauferhitzern (DLE) für Duschen oder Baden benötigt demnach etwa einen doppelten Hausanschlusswert. Das Gemeinschaftliche Wohnprojekt umfasst insgesamt 70 Wohneinheiten, von den nur 16 eine elektrische Warmwasserbereitung haben. Einen Tabellenwert sieht die Norm für diese Konstellation nicht vor. Für die Bemessung des Haushaltsstromanschlusses wurde die Summe aus 102 kW (für 70 WE) und 58 kW (Aufschlag für 16 WE mit elektrischer Warmwasserbereitung) betrachtet. Es ergibt sich ein konservativer Wert von 160 kW als Netzanschluss für den Haushaltsstrom. Tatsächlich werden als Durchlauferhitzer elektronische Komfort-DLE genutzt, die den Stromverbrauch so steuern, dass eine gewünschte Wassertemperatur ohne Beimengung von Kaltwasser bereitgestellt wird. Die Hersteller der DLE erwarten einen rd. 30 % geringeren Stromanschlussbedarf gegenüber hydraulischen DLE, die in der Norm angenommen werden.

Elektromobilität

		Simulation SynPRO		Simulation Wörner	
		Lastgang mit maximaler Tagesleistung	Lastgang mit maximalem Tagesverbrauch	Lastgang mit maximaler Tagesleistung	Lastgang mit maximalem Tagesverbrauch
Lastgang-Tagesdaten-Bezeichnung		1_maxP_05	1_maxW_05	2_maxP_05	2_maxW_05
Tagesmittelwert	kW	33	35	28	30
Tagesmaximum	kW	119	85	126	105
Tagesminimum	kW	12	12	7	7
Jahresverbrauch	kWh	269 000		194 000	
Jahresverbrauch je WE ¹⁾	kWh	3 400		2 500	

Tafel 2. Tageslastgänge für 70 WE, davon 16 WE, mit jeweils höchstem Tagesverbrauch und höchster Spitzenlast aus den zwei Simulationsquellen bei fünfminütiger Auflösung

Für diese Studie wurden 140 kW als Stromanschluss für den Haushaltsstrom der 70 beschriebenen Wohneinheiten angenommen.

Simulation des Haushaltsstrom-Lastgangs

Geeignete reale Haushaltsstrom-Lastgangkurven von Mehrfamilienhäusern zu finden, war nicht möglich. Allerdings gab es Unterstützung durch zwei Forschungsprojekte, die solche Lastgangkurven simulieren:

1. Lastprofilgenerator »SynPRO« des Fraunhofer-Instituts für

Solare Energiesysteme ISE; Kontakt war Dr. Benedikt Köpfer [6].

2. Dissertation von Dr. Patrick Wörner am Institut für Massivbau (TU Darmstadt) mit dem Titel: »Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Stromverbrauch in Wohngebäuden« [7].

Aus beiden Quellen konnten Simulationsdaten für ein Mehrfamilienhaus mit 70 Wohneinheiten, von denen 16 Wohneinheiten elektrische Warmwasserbereitung nutzen, gewonnen werden. Jede Wohneinheit soll im Mittel von drei Bewohnern genutzt werden. Die Daten zeigen Haushaltsstrom-Lastgänge

für jeweils ein ganzes Jahr, also 365 Tage à 24 Stunden. Von »SynPRO« waren Lastgänge mit einer Auflösung von einer Minute zu erhalten. Die Simulationsdaten von Patrick Wörner hatten eine Auflösung von fünf Minuten. Zum Vergleich wurden beide Datenpakete in eine Auflösung der Lastgänge von fünf Minuten umgerechnet.

Zur weiteren Betrachtung wurden nicht die kompletten Jahresverläufe, sondern nur die »Worst Case«-Tage mit jeweils dem höchsten Gesamtstromverbrauch und dem höchsten Spitzenstromverbrauch aus den Jahresdaten herausgefiltert (Bild 1). Dabei zeigten diese Lastgänge die in Tafel 2 aufgeführten Kennwerte.

Die Simulationsdaten passen gut zu den bekannten Verbrauchsstatistiken. Der »Stromspiegel« [8] zeigt für einen Drei-Personen-Haushalt in einem Mehrfamilienhaus einen Jahresverbrauch zwischen 1 800 kWh/a und 3 300 kWh/a bei einem Mittelwert von 3 000 kWh/a. »SynPRO« hat in dieser Skala einen tendenziell hohen Stromverbrauch und Wörners Simulation einen »niedrigen« Gesamtverbrauch dargestellt. Beide zeigen Spitzenlasten von rd. 120 kW bei einer Fünf-Minuten-Auflösung. Diese Werte passen sehr gut zu dem oben gezeigten Netzanschluss von 140 kW. Hier ist schon zu sehen, dass davon selbst an den genannten »Worst Case«-Tagen nur im Tagesmittel 30 kW bis 35 kW für den Haushaltsbedarf benötigt werden. Damit verbleibt ein Potenzial von

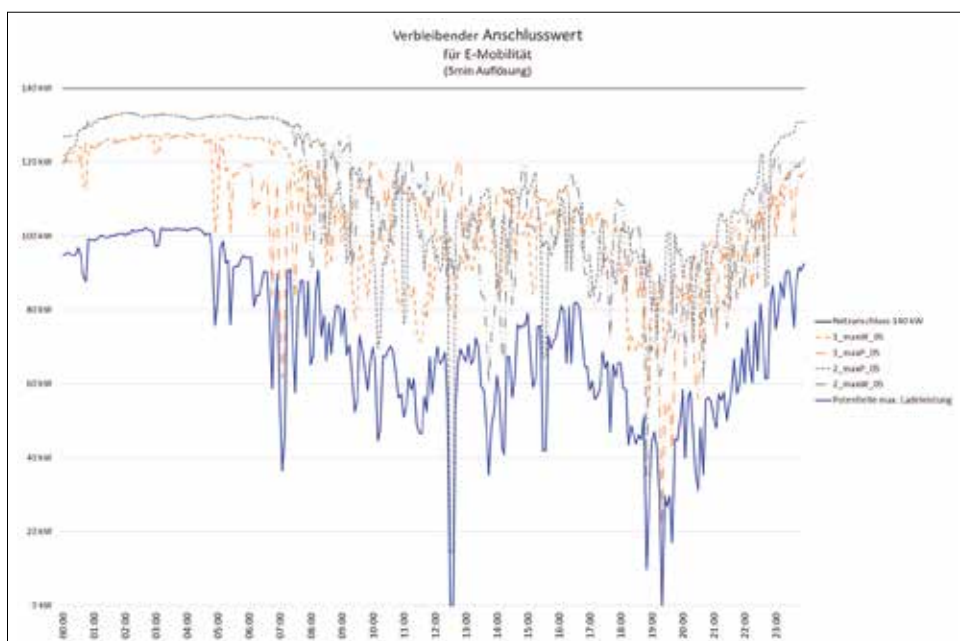


Bild 2. Überlagerung der vier »Worst Case«-Lastgänge mit 25 kW Puffer bis zum Netzanschluss 140 kW

über 100 kW im Tagesmittel für Ladevorgänge von E-Autos.

Im Sinne eines konservativen Ansatzes wurden für die weiteren Betrachtungen die Überlagerung der vier »Worst Case«-Tageslastgänge aus *Tafel 2* ermittelt. Für jede Uhrzeit wurde das Maximum der vier Kurven gewählt. Das Ergebnis kombiniert also höchste Lastspitzen mit höchstem Tagesgesamtverbrauch in einem neuen Tages-Lastgang, der in keinem Simulationsmodell so erscheint.

In *Bild 2* ist die Überlagerung der vier oben erläuterten Tageslastgangsimulationen als Differenz zum Netzanschlusswert 140 kW ablesbar. Außerdem soll ein zusätzlicher Puffer von 25 kW eine »versehentliche« kurzfristige Überlastung verhindern.

Zur Beantwortung der zentralen Frage (Ist eine Ladeinfrastruktur in unserem Gebäude ohne zusätzlichen Stromanschluss möglich?) wird die dargestellte resultierende Grafik als verbleibenden momentanen »Anschlusswert« für die Ladeinfrastruktur der Elektromobilität angesetzt.

In der nächsten Ausgabe wird gezeigt, welcher Ladekomfort für die 53 Stellplätze damit ermöglicht wird. Auch wird abgeschätzt, ob sich das Ergebnis für Wohnhäuser verallgemeinern lässt.

Literatur

- [1] <https://49grad-mainz.de/>
- [2] <https://www.heiligkreuz-viertel.de/wohnen/baugruppen/>
- [3] <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/strom-sparen/elektroauto-mit-eigener-ladestation-solarstrom-vom-dach-laden-22557>. Stand: 06.04.2020.
- [4] [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-ImmobilieF%C3%B6rderprodukte/Ladestationen-f%C3%BCr-Elektroautos-Wohngeb%C3%A4ude-\(440\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-ImmobilieF%C3%B6rderprodukte/Ladestationen-f%C3%BCr-Elektroautos-Wohngeb%C3%A4ude-(440)/). Stand: 11/2020.
- [5] https://www.tesla.com/de_DE/support/supercharging Stand: 10/2021.
- [6] Köpfer, B.: Lastprofilgenerator »synPRO«, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, <https://www.elink.tools/elink-tools/synpro>.
- [7] Wörner P: (2020): Dissertation, https://www.researchgate.net/publication/347557412_Einfluss_des_Nutzerverhaltens_auf_den_Stromverbrauch_in_Wohngebäuden_-_Entwicklung_eines_complexen_Simulationsmodells_fur_energetische_Analysen
- [8] <https://www.stromspiegel.de/stromverbrauch-verstehen/stromverbrauch-3-personenhaushalt/>, Stand: 10.03.2021

energie@gruenert-mz.de

www.49grad-mainz.de