

Neue Planungshilfe unterstützt bei Netzdimensionierung

Gleichzeitigkeitsfaktoren richtig berechnen und Leistungsbeitrag berücksichtigen

Das Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (VDE FNN) stellt ein hilfreiches Werkzeug für die alltägliche Arbeit von Netzplanern zur Verfügung, um bedarfsgerechten Netzausbau zu unterstützen: Umfangreiche Förderprogramme und die Ziele der Bundesregierung treiben den Hochlauf der E-Mobilität in Deutschland an. Das bekommen auch Netzbetreiber durch die steigende Anzahl an Ladeeinrichtungen in ihrem Netz zu spüren. Um bei der Netzplanung eine Hilfestellung zu bieten, hat VDE FNN eine Studie zur Ermittlung von Gleichzeitigkeitsfaktoren von Ladevorgängen veröffentlicht. Dabei wurde auch ein einfaches Werkzeug für Netzplaner (Planungshilfe) entwickelt.

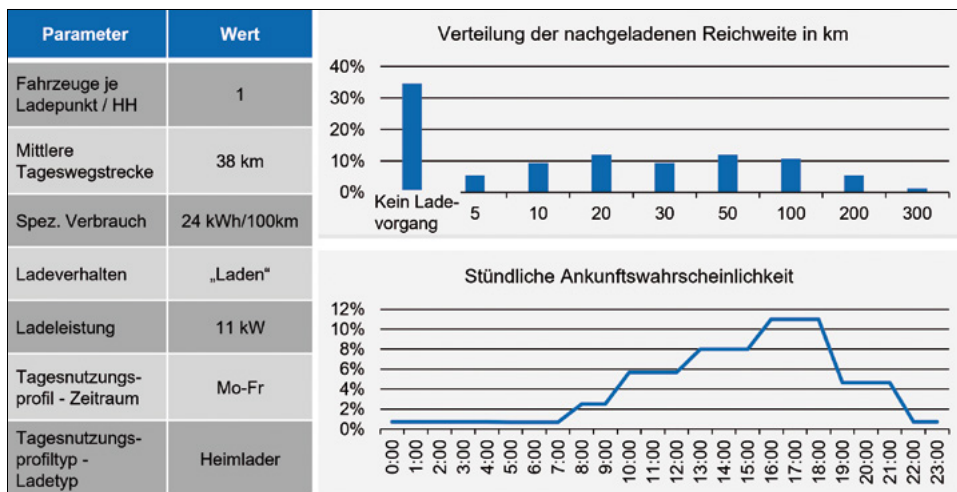


Bild 1. Gewählte Parametrierung in der Basisvariante [2]

Für die Studie wurden ausschließlich private Ladepunkte (Heimladepunkte) für Elektrofahrzeuge mit

rein batterieelektrischem Antrieb (BEV) betrachtet, da hieraus die weitreichendsten zusätzlichen Anforderungen für die Niederspannungsnetze hervorgehen. Weiter wurde der Fokus der Studie primär auf das »natürliche« Ladeverhalten gelegt, das nicht durch externe Vorgaben oder Anreize beeinflusst wird. Dieses ergibt sich im Wesentlichen aus dem Mobilitätsverhalten der Nutzer und ihren Entscheidungen über den Anschluss der Fahrzeuge an die Ladepunkte.

Basierend auf einer Auswertung einschlägiger Studien, Reallaborergebnisse und wissenschaftlicher Veröffentlichungen wurden in der Studie zunächst wesentliche Einflussgrößen identifiziert und konkrete Parameter für Berechnungen abgeleitet. Anschließend wurde anhand von Simulationen rechnerisch

ermittelt, welche Gleichzeitigkeiten bei Ladevorgängen zu erwarten sind, und aufgezeigt, welche quantitative Relevanz die zuvor identifizierten Einflussfaktoren haben. Hierzu diente ein stochastisches Verfahren, bei dem Verteilungen der Ergebnisgrößen auf Basis von Verteilungen der Eingangsgrößen ermittelt wurden (Monte-Carlo-Simulation).

Um den Einfluss der Variation einzelner Parameter bestimmen zu können, wurde zunächst eine Basisvariante definiert, in der für jede Einflussgröße ein typischer Wert angesetzt wurde (Bild 1). Bei der Basisvariante entspricht vor allem die angesetzte mittlere Tageswegstrecke von 38 km näherungsweise der durchschnittlichen täglichen Wegstrecke deutscher Pkw [1].

Um zu prüfen, wie stark Parameteränderungen die Gleichzeitigkeiten und Lastbeiträge beeinflussen, wurde anschließend im Sinne von Sensitivitätsanalysen jeweils eine Einflussgröße variiert. Schließlich wurden die zentralen Ergebnisse in einem Berechnungswerkzeug zusammenggeführt, mit dem die Gleichzeitigkeit und die Lastbeiträge einer bestimmten Anzahl von Ladepunkten abhängig von den wesentlichen Einflussfaktoren schnell ermittelt werden können.

Die Untersuchung lieferte folgende wesentliche Ergebnisse:

Basisvariante

Bei kleinen Kollektiven von unter fünf Ladepunkten muss mit hinreichender Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass innerhalb des Simulationszeitraums zumindest kurzzeitig alle Ladepunkte genutzt werden und sich ein Gleichzeitigkeitsfaktor von eins ergibt. Mit zunehmender Kollektivgröße wird es jedoch immer unwahrscheinlicher, dass alle Ladepunkte des Kollektivs gleichzeitig aktiv sind, sodass der Gleichzeitigkeitsfaktor anfänglich sehr schnell und mit zunehmender Ladepunktzahl langsamer abnimmt. Er beträgt bei ei-



Dr.-Ing. **Alexander Ladermann**, Senior Consultant, Consentec GmbH, Aachen; **Florian Regnery**, Projektmanager für E-Mobilität und Netzbetrieb, VDE FNN, Berlin

ner Kollektivgröße von 10 Ladepunkten 0,6, bei 20 Ladepunkten 0,35, bei 50 Ladepunkten 0,26 und bei 150 Ladepunkten noch etwa 0,17.

Für die Netzdimensionierung ist allerdings nicht der Gleichzeitigkeitsfaktor an sich relevant, sondern der resultierende Leistungsbeitrag, der sich aus der Multiplikation von Gleichzeitigkeitsfaktor, Anzahl der Ladepunkte und Ladeleistung ergibt. Auch wenn der Gleichzeitigkeitsfaktor und der spezifische Lastbeitrag je Ladepunkt mit zunehmender Anzahl der Ladepunkte sinken, steigt der absolute Leistungsbeitrag mit der Anzahl der Ladepunkte kontinuierlich an (Bild 2). Mit einer Ladeleistung von 11 kW je Ladepunkt beträgt beispielsweise der absolute Leistungsbeitrag bei 20 Ladepunkten 77 kW, was knapp 4 kW je Ladepunkt entspricht, bei 50 Ladepunkten 143 kW, entsprechend knapp 3 kW je Ladepunkt, und bei 150 Ladepunkten 286 kW, was 1,9 kW je Ladepunkt entspricht. Ab etwa 100 Ladepunkten nimmt der Gleichzeitigkeitsfaktor mit steigender Anzahl von Ladepunkten nur noch langsam ab. Bei 1500 Ladepunkten beträgt die Gleichzeitigkeit in der Basisvariante ca. 0,12.

Zusätzlich muss bei der Netzdimensionierung die zeitliche Korrelation des Lastbeitrags durch Ladevorgänge mit der sonstigen Lastvorgänge mit der sonstigen Last beachtet werden. Aus dem verwendeten Tagesnutzungsprofil lässt sich schließen, dass die meisten Ladevorgänge zwischen 16 Uhr und 18 Uhr beginnen. Angesichts von Ladedauern im Stundenbereich fällt der durch Ladevorgänge verursachte Leistungsbeitrag mit der Abendspitze der sonstigen Haushaltslast zusammen und erhöht damit in Netzbereichen mit überwiegendem Haushaltsnachfrageprofil die zeitliche Höchstlast praktisch vollständig um diesen Leistungsbeitrag.

Sensitivität Gebietstypen

Neben der Basisvariante, die einen vorstädtischen Gebietstyp repräsentiert, werden ein großstädtischer und ein dörflicher Gebietstyp betrachtet. In großstädtischen Gebieten sind die Tageswegstrecken und spezifischen Verbrauchswerte

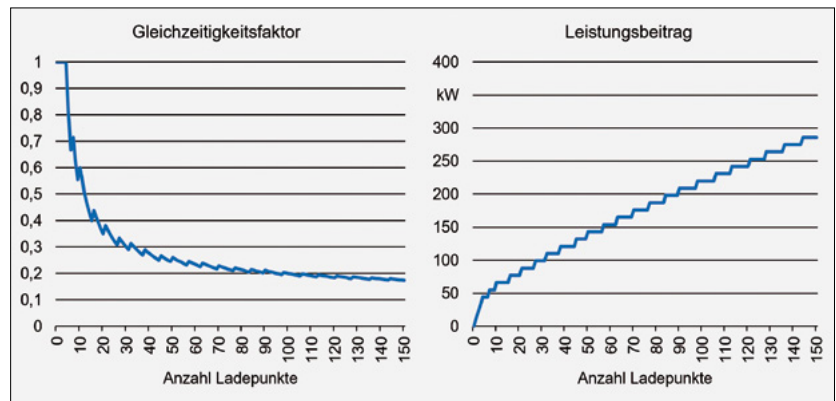


Bild 2. Verlauf des Gleichzeitigkeitsfaktors und des Leistungsbeitrags abhängig von der Anzahl der Ladepunkte in der Basisvariante [2]

und somit auch die Menge an nachzuladender Energie und die Ladedauer im Mittel geringer als in vorstädtischen Gebieten. Beim dörflichen Gebietstyp verhält es sich umgekehrt. Mit sinkender Ladedauer reduziert sich bei gleichbleibender Anzahl und spezifischer Leistung der Ladepunkte die Wahrscheinlichkeit, dass Ladepunkte gleichzeitig genutzt werden, sodass sich in großstädtischen Gebieten ein geringerer und in dörflichen Gebieten ein höherer Gleichzeitigkeitsfaktor ergibt als in der Basisvariante. Die resultierenden Leistungsbeiträge der Ladepunkte liegen beim großstädtischen Gebietstyp um rd. 20 % niedriger und beim dörflichen um rd. 20 % höher als beim vorstädtischen Gebietstyp.

Sensitivität Leistung des Ladepunkts

Die Ladedauer hängt naturgemäß stark von der Leistung der Ladepunkte ab. Um deren Einfluss auf Gleichzeitigkeiten und Lastbeiträge zu quantifizieren, werden neben der in der Basisvariante unterstellten Leistung von 11 kW (dreiphasige Ladung mit 16 A) die Ladeleistungen 3,7 kW (einphasige Ladung mit 16 A) sowie 22 kW (dreiphasige Ladung mit 32 A) angesetzt. Hierbei zeigt sich erwartungsgemäß, dass der Gleichzeitigkeitsfaktor bei einer Ladeleistung von 3,7 kW deutlich höher und bei einer Ladeleistung von 22 kW deutlich niedriger ist als in der Basisvariante. Bei 150 Ladepunkten beträgt er bei 3,7 kW etwa 0,31 und bei 22 kW ca. 0,12 gegenüber ca. 0,17 in der Basisvariante

(11 kW). Bei kleineren Kollektiven ist der Gleichzeitigkeitsfaktor höher und beträgt bei 20 Ladepunkten bei 3,7 kW etwa 0,5 und bei 22 kW ca. 0,3 gegenüber ca. 0,35 in der Basisvariante (11 kW). Bei Betrachtung der resultierenden Leistungsbeiträge kehren sich die Verhältnisse zwischen den drei Varianten um: Der Leistungsbeitrag von 150 Ladepunkten ist bei einer Ladeleistung von 22 kW mit knapp 400 kW mehr als doppelt so hoch wie bei einer Ladeleistung von 3,7 kW mit gut 170 kW; in der Basisvariante (11 kW Ladeleistung) beträgt er 286 kW. Bei kleineren Kollektiven verstärkt sich diese Spreizung weiter. Der Leistungsbeitrag von 20 Ladepunkten ist bei einer Ladeleistung von 22 kW mit gut 130 kW mehr als dreimal so hoch wie bei einer Ladeleistung von 3,7 kW mit knapp 40 kW; in der Basisvariante (11 kW Ladeleistung) beträgt er 77 kW.

Sensitivität Ladeverhalten

Die durchschnittliche Dauer von Ladevorgängen hängt auch von deren Häufigkeit ab. Je weiter die zeitlichen Abstände zwischen den Ladevorgängen, desto länger dauern diese (bei unverändertem Mobilitätsverhalten), aber desto geringer wird auch die Zahl der Ladevorgänge je Tag. Die Gleichzeitigkeit wird bei Änderungen der Ladehäufigkeit somit durch zwei gegenläufige Effekte beeinflusst. Es zeigt sich, dass sich die Wirkungen dieser Effekte weitgehend gegenseitig aufheben. Der resultierende Leistungsbeitrag liegt bei der als »Tanken« bezeichneten Variante, bei der Fahrzeuge

erst bei Unterschreiten einer definierten Reichweiteschwelle geladen werden, bei 150 Ladepunkten nur um rd. 10 % niedriger als bei der als »Laden« bezeichneten Verhaltensweise, die in der Basisvariante unterstellt wird. Die betrachteten Unterschiede im Ladeverhalten haben somit nur relativ geringe Auswirkungen auf die untersuchten Ergebnisgrößen.

Sensitivität Laden vor Abfahrt

Besonders bei kalten Außentemperaturen ist es vorteilhaft, den Ladevorgang nicht direkt nach Abschluss der letzten Fahrt des Tages zu starten, sondern erst so spät, dass die Batterien unmittelbar vor Abfahrt vollständig geladen sind. Die Batterien sind dann bereits vorgewärmt und damit leistungsfähiger. Wiesen die Abfahrtszeiten die gleiche zeitliche Verteilung auf wie die Ankunftszeiten, so hätte eine solche Änderung des Ladeverhaltens keine Auswirkungen auf Gleichzeitigkeiten und Leistungsbeiträge. Allerdings zeigt die Auswertung von Mobilitätsdaten, dass die Abfahrten am Morgen in einem deutlich engeren Zeitfenster erfolgen als die Ankünfte am Nachmittag und Abend. Durch die Konzentration der Abfahrten auf wenige Stunden synchronisieren sich die Ladevorgänge naturgemäß stärker. Im Vergleich zur Basisvariante nehmen bei dieser Variante des Ladeverhaltens der Gleichzeitigkeitsfaktor und der Leistungsbeitrag bei 150 Ladepunkten ungefähr um ein Drittel und bei 20 Ladepunkten um knapp 30 % zu.

Auf Basis dieser Erkenntnisse wurden in der Planungshilfe die durch die Simulationen ermittelten Gleichzeitigkeiten und Leistungsbeiträge abhängig von den als besonders relevant erkannten Einflussgrößen hinterlegt. Diese Größen sind der Regionstyp (großstädtisch, vorstädtisch, dörflich), der Siedlungstyp (Wohngebiet, Gewerbegebiet und Mischgebiet aus Wohn- und Gewerbegebiet), in dem die beiden Tagesnutzungsprofile Zeitraum und Ladetyp (Arbeits- oder Heimplader) zusammengeführt sind, sowie die Ladeleistung (3,7 kW, 11 kW, 22 kW). Als Ergebnisse stellt das Werkzeug jeweils den Verlauf des Gleichzeitigkeitsfaktors und des zugehörigen Leistungsbeitrags in Abhängigkeit von

der Anzahl Ladepunkte grafisch dar. Die Studie und Planungshilfe sind online auf der Webseite von VDE FNN erhältlich.

Literatur

- [1] Kraftfahrt-Bundesamt. (2021): Verkehr in Kilometern – Inländerfahrleistung (VK), Zeitreihen 2016 – 2020.

- [2] VDE FNN (2021): Studie Gleichzeitigkeitsfaktoren.

ladermann@consentec.de

www.consentec.de

www.vde.com/de/fnn

Anzeige



Unsere Lösung
für die
Energie-
wirtschaft

Zukunftssichere Messtechnik für die Ortsnetzstation - Messung der Einspeisung und aller Abgänge

Messen Sie mit dem UMD 98 die Einspeiseleistung inklusive der Power Quality vollwertig nach EN 50160 und mit den MMI 12 Modulen bis zu 20 Abgänge an NH-Schaltleisten mit integrierten Stromwandlern.

Verschiedene Varianten ermöglichen das Erfassen aller relevanten Messgrößen der Einspeisung sowie einzelner Abgänge und schaffen dadurch Transparenz im Netz. So bleiben Sie gegenüber Ihren Kunden und der Bundesnetzagentur nachweisfähig.

PQ Plus GmbH
Hagenauer Straße 6
91094 Langensendelbach

Tel: (+49) 9133-60640-0
Fax: (+49) 9133-60640-100
E-Mail: info@pq-plus.de
Internet: www.pq-plus.de

Vereinbaren Sie noch heute Ihren Termin mit den Spezialisten der PQ Plus GmbH.

Fordern Sie unseren neuen Katalog an oder blättern Sie in der Online-Version auf unserer Website.

