

POTENTIALANALYSE DER NETZBELASTUNG IM VERTEILNETZ DURCH PRIVATE LADEINFRASTRUKTUR

Florian MAIER¹, Christoph GROISS²

Einleitung

Die Elektrifizierung des Individualverkehrs stellt Verteilnetzbetreiber vor neue Herausforderungen, insbesondere in der Niederspannungsebene. Aktuelle Prognosen und politische Zielsetzungen lassen einen signifikanten Anstieg des Anteils an Elektro-PKW (E-PKW) in Österreich erwarten. Während der Energiebedarf (kWh) meist gut gedeckt werden kann, ist die gleichzeitige Leistungsnachfrage (kW), insbesondere beim Laden an privaten Standorten mit bis zu 22 kW, der kritische Faktor für die Dimensionierung von Ortsnetzen. Bestehende Richtlinien (wie die TAEV) bieten pauschale Gleichzeitigkeitsfaktoren, berücksichtigen jedoch oft nicht die spezifische Überlagerung mit modernen Haushaltlastprofilen oder die inkrementelle Auswirkung einzelner Fahrzeuge. Dieser Beitrag präsentiert eine detaillierte Analyse der Auswirkungen privater Ladestationen auf das Salzburger Verteilnetz. Ziel ist die Ermittlung belastbarer Spitzenlastwerte unter Berücksichtigung der Vorbelastung durch Haushalte, um die resultierende Zusatzbelastung vom Hausanschluss über die Niederspannungsleitung bis zur Transformatorenstation (TST) präzise zu quantifizieren.

Methodik und Datenbasis

Die Untersuchung basiert auf der Auswertung realer Smart-Meter-Messdaten mit einer zeitlichen Auflösung von 15 Minuten. Um repräsentative Aussagen treffen zu können, wurde ein Datensatz herangezogen, der sowohl reine Haushalts-Lastprofile als auch Profile von Haushalten mit E-PKW umfasst. In der finalen Auswertung gehen 224 Lastprofile von Standorten mit gemeldeter Ladeinfrastruktur und 342 Referenzprofile (ohne Ladeeinrichtung) in die Analyse ein.

Zur Ermittlung der Netzbelastung wird eine Monte-Carlo-Simulation durchgeführt. Dabei werden für verschiedene Netzgrößen (Anzahl der Kunden N) und Durchdringungsgrade (Anzahl der E-PKW M , $M \leq N$) jeweils bis zu 4.000 zufällige Kombinationen aus dem Datenpool gezogen. Für jede Kombination wird die maximal auftretende Summenlast $\max_t \sum_i^N P_i(t)$ ermittelt. Dieser Ansatz erlaubt nicht nur die isolierte Betrachtung der E-Mobilität, sondern analysiert die Koinzidenz mit der übrigen Haushaltlast. Somit lässt sich die durchschnittliche Zusatzlast pro E-PKW in Abhängigkeit der Clustergröße N ableiten – von der Einzelanlage bis zum gesamten Ortsnetzstrang.

Ergebnisse

Die Analyse belegt, dass die spezifische Zusatzlast pro Fahrzeug mit steigender Anzahl an Kunden degressiv verläuft. Die Analyse der 99%-Quantile zeigt: Während bei einer geringen Anzahl an Anschlüssen (z. B. $N = 10$, relevant für Hausanschlussverteiler) ein einzelner E-PKW die Spitzenlast noch um rechnerisch rund 1,1 kW erhöht, sinkt dieser Wert bei größeren Netzbereichen (z. B. $N = 224$, relevant für Transformatorenstationen) auf etwa 0,53 kW pro Fahrzeug ab. Dies bestätigt, dass bei großen Wohnanlagen oder auf Ebene der Transformatorenstation mit einer deutlichen Durchmischung der Ladevorgänge gerechnet werden kann.

Abbildung 1 visualisiert die resultierende Gesamtleistung (99%-Quantil) in Abhängigkeit der Kundenanzahl und der E-PKW-Durchdringung. Diese Matrix ermöglicht eine präzise Bestimmung der zu erwartenden Spitzenlast für jede beliebige Konstellation im Verteilnetz.

¹ Salzburg Netz GmbH, Bayerhamerstraße 16, 5020 Salzburg, Österreich, +43 676 8687 9788,
florian.maier@salzburgnetz.at, www.salzburgnetz.at

² Salzburg Netz GmbH, Bayerhamerstraße 16, 5020 Salzburg, Österreich, +43 662 8882 2699,
christoph.groiss@salzburgnetz.at, www.salzburgnetz.at

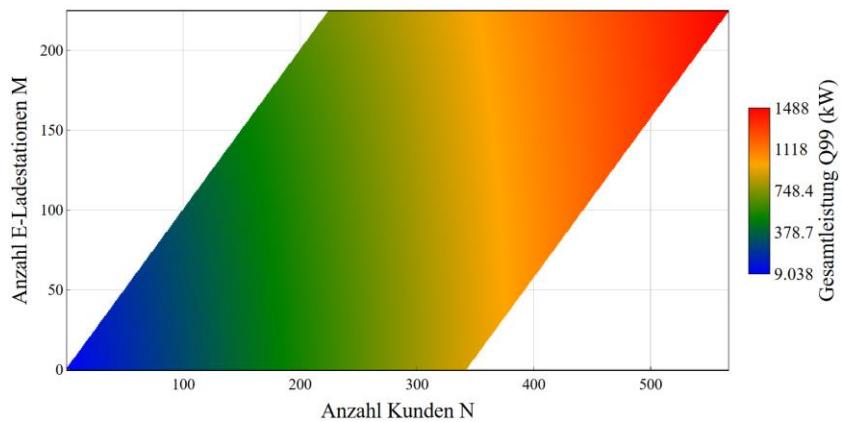


Abbildung 1: 99%-Quantil aus bis zu 4.000 Datenpunkten der auftretenden Maximalleistung in Abhängigkeit von Kundenanzahl N und Anzahl der E-PKW M .

Ein zentrales Ergebnis der Arbeit ist die Hochrechnung dieser Lastwerte auf alle Transformatorenstationen im Versorgungsgebiet der Salzburg Netz GmbH. Unter Annahme eines Vollausbau-Szenarios (ca. 330.000 E-PKW im Bundesland) und unter Berücksichtigung der aktuellsten Schleppzeigerwerte der Stationen, ergeben sich Engpässe in der Infrastruktur.

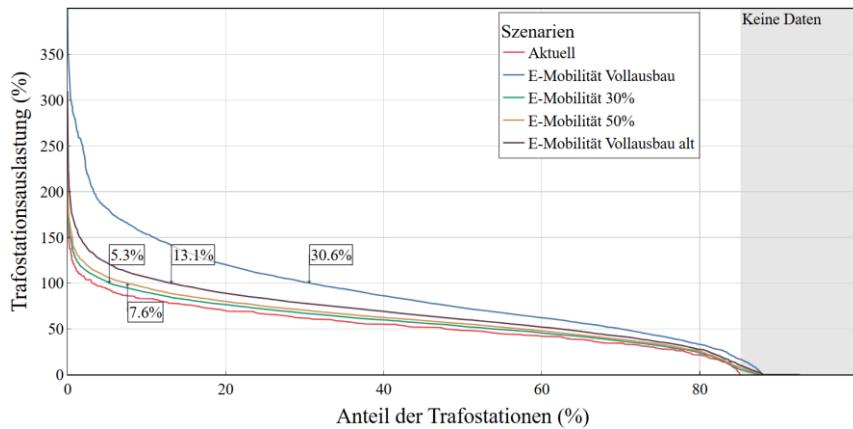


Abbildung 2: Hochgerechnete Auslastung der Trafostationen in verschiedenen Szenarien.

Die Auswertung zeigt, dass bei einem vollständigen Hochlauf der E-Mobilität und gegenwärtigem Ladeverhalten ohne steuernde Eingriffe etwa 30 % der Transformatorenstationen eine Auslastung von über 100 % erreichen würden. Dabei ist zu differenzieren, ob lediglich ein Tausch des Transformators notwendig ist oder die gesamte Station ausgebaut werden muss.

Schlussfolgerung und Ausblick

Die ermittelten Lastwerte erweitern die bestehenden Planungsgrundlagen (z.B. nach TAEV) um die Komponente der realen Überlagerung von Haushalts- und Ladelast. Die Ergebnisse ermöglichen eine differenzierte Anschlussbeurteilung: Es kann präzise abgeschätzt werden, wie stark sich jedes weitere Elektroauto auf den Hausanschluss, den Kabelverteiler oder die Transformatorenstation auswirkt. Es zeigt sich, dass das Niederspannungsnetz grundsätzlich aufnahmefähig ist, jedoch eine gezielte Verstärkung von bis zu einem Drittel der Transformatorenstationen langfristig erforderlich wird. Zukünftige Betrachtungen könnten die Auswirkungen variabler Tarife sowie die Steuerungsmöglichkeiten durch Flexibilitätsmärkte auf die Gleichzeitigkeit untersuchen.