

GENERIERUNG REALISTISCHER LADEPROFILE VON ELEKTROFAHRZEUGEN FÜR NETZSIMULATIONEN

Andreas STADLER¹, Maik PLENZ¹, Detlef SCHULZ¹

Inhalt

Durch die Elektrifizierung des Mobilitäts- und Wärmesektors, sowie den Wechsel von zentralen Großkraftwerken zu dezentral verteilten Energieerzeugern werden die Verteilnetze zunehmend belastet. Um die Belastung zu reduzieren und die vorhandene Infrastruktur optimal auszunutzen, werden in Forschung und Praxis verschiedene Ansätze diskutiert. Zentral sind dabei unter anderem die lokale Kopplung von Erzeugung und Verbrauch in Energiegemeinschaften, die Nutzung von zeitlich verschiebbaren Lasten (Flexibilitäten) und der Einsatz von Last- und Lademanagementsystemen. Ein wesentlicher Aspekt für die effektive Umsetzung der genannten Ansätze ist die präzise Simulation des Gesamtsystems und der Einflussfaktoren. Besonders Echtzeitsimulationen mit realer Leistungselektronik („Power-Hardware-in-the-Loop“) eignen sich als Zwischenschritt für die Anwendung im realen System.

Während für die meisten Lasten und Erzeuger detaillierte Messungen und Untersuchungen vorliegen beziehungsweise das Lastverhalten zeitinvariant ist, sind die Einflüsse auf das Ladeverhalten von Elektrofahrzeugen (EKFZ) kaum betrachtet. Hinzu kommt, dass Informationen bezüglich des Ladezustandes (SOC) der EKFZ kaum verfügbar sind, was eine präzise Betrachtung weiter erschwert.

Dies ist problematisch, da Ladevorgänge von EKFZ durch lange Standzeiten, verhältnismäßig hohe Ladeleistungen und potenzielles bidirektionales Laden eine zentrale Stellgröße für die Netzbelastung sind. Untersuchungen zeigen, dass die korrekte Darstellung von EKFZ-Ladevorgängen einen wesentlichen Einfluss auf die Simulationsergebnisse und die Steuerung hat [1,2]. Zentral ist dabei besonders die abfallende Ladeleistung zum Ende des Ladevorgangs, bedingt durch das Laden mit einer konstanten Ladespannung.

Für die Entwicklung einer geeigneten Ladekurve wurden in [3] Leistungskurven von über 20.000 Ladevorgängen betrachtet und ein dreigeteiltes Ladeprofil erstellt. Dabei wurde eine breite Varianz im Ladeverhalten von individuellen Fahrzeugen gezeigt. In dieser Forschungsarbeit soll darauf aufbauend eine Methodik für die Präzisierung von konventionell verwendeten Ladekurven für (PHIL-)Simulationen entwickelt und angewendet werden. Als Eingangsgrößen dienen Verfügbarkeitsinformationen der EKFZ sowie deren Energiebedarfe.

Methodik

Der Aufbau der Methodik zur Definition von realistischen Ladeprofilen ist in *Abbildung 1* skizziert. Zu Beginn werden einmalig für jedes betrachtete EKFZ die grundlegenden Definitionen aufgestellt. Dabei werden sowohl die Grundparameter als auch die Einflüsse von Umgebungsvariablen darauf festgelegt. Anschließend wird für jeden konkret betrachteten Ladevorgang, basierend auf der Verfügbarkeit, dem Zeitpunkt t und den Umgebungsvariablen, die Ladekurve $P(SOC)$ berechnet. Mithilfe einer konkreten Ladestrategie wird die Ladekurve in Abhängigkeit von der Zeit $P(t)$ bestimmt.

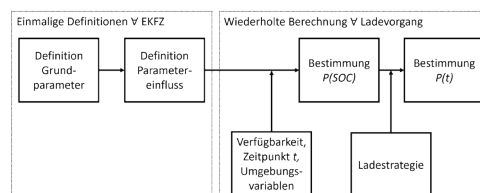


Abbildung 1: Methodisches Vorgehen für die Generation von realistischen Ladeprofilen.

¹ Professur für Elektrische Energiesysteme, Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg, Holstenhofweg 85, 22043 Hamburg, +49 40 65412646, andreas.stadler@hsu.hamburg

Erste Ergebnisse

Abbildung 2 zeigt beispielhaft auf der linken Seite die Verfügbarkeit von 52 EKfz innerhalb einer Woche. Rechts oben sind die sich daraus ergebenden Ladeleistungen für Ladevorgänge mit dreigeteilten Ladeprofilen ($P(t)$) und konstanter Ladeleistung (P_{const}) dargestellt. Die sich ergebende Differenz der Ladeleistungen ($\Delta P = P(t) - P_{const}$) ist rechts unten gegeben. Dabei liegt der maximale Unterschied bei etwa 20% der Maximalleistung.

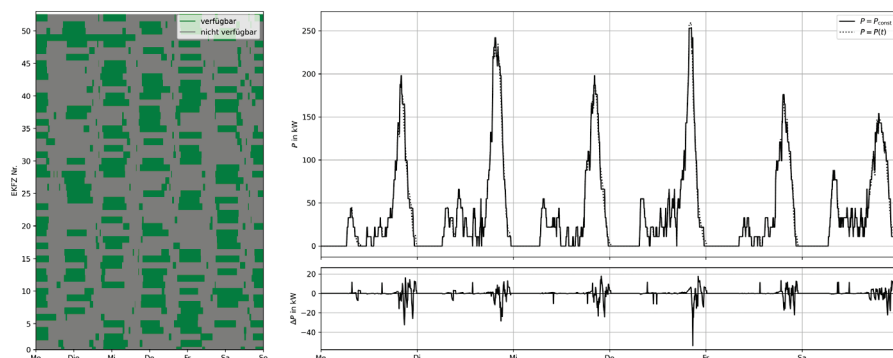


Abbildung 2: Links: beispielhafte Verfügbarkeitsinformationen der Fahrzeuge im Laufe einer Woche;
 Rechts oben: simulierte Ladeleistung mit dreigeteiltem Ladeprofil und konstanter Ladeleistung;
 Rechts unten: Leistungsdifferenz zwischen den beiden Simulationen.

In der Langfassung wird die Methodik detailliert dargestellt und für die Bereitstellung von Ladeprofilen in einer Simulationsumgebung eines Niederspannungsnetzes eingesetzt, um die Auswirkungen auf die Steuervorgänge und verfügbare Flexibilitäten darzustellen.

Danksagung

Diese Forschungsarbeit wird durch dtcc.bw – Zentrum für Digitalisierungs- und Technologieforschung der Bundeswehr gefördert. dtcc.bw wird von der Europäischen Union – NextGenerationEU finanziert.

Referenzen

- [1] T. Simolin, A. Rautiainen, P. Järventausta, K. Rauma, C. Rehtanz, "Assessing the influence of electric vehicle charging profile modelling methods," IET Gener. Transm. Distrib. 16 (2022) 3027–3035, doi: 10.1049/gtd2.12494.
- [2] M. Plenz, A. Stadler, Y. Fu and D. Schulz, "Increasing Grid Stability: Impact of Charging Characteristics on an Easy-to-Use Priority-Driven EV Load Reduction Approach," 2025 IEEE/AIAA Transportation Electrification Conference and Electric Aircraft Technologies Symposium (ITEC+EATS), Anaheim, CA, USA, 2025, pp. 1-5, doi: 10.1109/ITEC63604.2025.11097999.
- [3] A. Stadler, M. Plenz, and D. Schulz, "Generic Charging Profiles for High-Resolution Modeling Based on Empirical Data," 2025 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, Asia-Pacific (ITEC-AP), Singapore, 2025, in print.