

NETZANBINDUNG VON SCHNELLLADESTATIONEN AN AUTOBAHNEN

Nils KRETH¹, Hans-Peter BECK¹

Einleitung

Die Dekarbonisierung des Verkehrssektors erfordert die Sektorkopplung an den Energiesektor, sodass regenerativer Strom anstelle fossiler Kraftstoffe verwendet wird. Damit die Energiewende im Energiesektor weiter voranschreiten kann, muss der zusätzliche Strombedarf minimal gehalten werden. Die dafür notwendigen Effizienzsteigerungen sind durch den Umstieg auf Elektromobilität möglich, da in Elektrofahrzeugen der Strom direkt mit einem hohen Wirkungsgrad verwendet wird. Um den Anreiz des Umstieges zu erhöhen, sollte der Nutzer nicht sein Verhalten, sondern nur den Antrieb wechseln müssen. Die gewünschte Langstreckenfähigkeit erfordert zum einen eine höhere Reichweite und zum anderen ein flächendeckendes Netz an Schnellladestationen. Drei Möglichkeiten der Versorgung dieser Schnellladestationen werden im Folgenden untersucht und verglichen, wobei die Auslegung, der Betrieb und die Kosten betrachtet werden.

Modell des Nutzerverhaltens

Die Grundlage der Untersuchungen bildet das Modell des Nutzerverhaltens, welches unter der Annahme des gleichbleibenden Verhaltens der Autofahrer erstellt wird. Anhand dieses Modells und der erwarteten Nutzung am Standort wird die Schnellladestation simuliert und die nötige Anzahl Ladesäulen ermittelt, bei der die Wartezeiten möglichst gering sind. Je Ladesäule steht eine maximale Ladeleistung von 350 kW zur Verfügung, sodass bei einer Ladezeit von 15 Minuten eine Reichweite von über 300 km geladen werden kann. Simulationen der Schnellladestation mit unterschiedlicher Anzahl Ladesäulen haben gezeigt, dass in Summe 75 % des Jahres die Schnellladestation nicht genutzt wird, hingegen nur 0,5 % des Jahres alle Ladesäulen gleichzeitig besetzt sind.

Untersuchung der drei Varianten

Variante 1: Netzausbau

Anhand der Anzahl Ladesäulen ergibt sich die anzuschließende Leistung für die erste untersuchte Variante, bei der die Anschlussleistung des bestehenden Netzes durch Netzausbau erhöht wird. Dafür müssen abhängig der maximalen Leistung zusätzliche Transformatoren parallel zum bereits vorhandenen installiert und gegebenenfalls Kabelquerschnitte erhöht werden. Sollte ein Kabelausbau erforderlich sein, ist diese Variante aufwändig und bei späteren Erweiterungen der Schnellladestation unflexibel. Da bei der Auslegung die maximale Leistung der Schnellladestation berücksichtigt wird, ist die Nutzung des Netzanschlusses jederzeit garantiert. Allerdings ist dieser aufgrund des Nutzerverhaltens die meiste Zeit im Jahr überdimensioniert, weshalb die Auslastung unter 8 % beträgt. Die Kosten des Netzausbaus werden maßgeblich durch die Länge des notwendigen Kabelausbaus bestimmt und belaufen sich auf 31 ct/kWh bei 0 km bis 69 ct/kWh bei 30 km.

Variante 2: Batteriespeicher

Die Differenz zwischen der Anschlussleistung des vorhandenen Netzes und der Schnellladestation wird bei der zweiten Variante mit einem Batteriespeicher ausgeglichen. Um dessen Kapazität zu bestimmen, werden die Schnellladestation und der Batteriespeicher mit dem Modell des Nutzerverhaltens simuliert. Die dadurch entstehende Unsicherheit bei der Auslegung kann mit einem Sicherheitsfaktor minimiert werden. Der modulare Aufbau des Batteriespeichers ermöglicht nicht nur die schnelle Errichtung der Schnellladestation, sondern auch die flexible Anpassung im späteren Betrieb. Durch die Zwischenspeicherung im Batteriespeicher entstehen zusätzliche Verluste, die die Stromkosten im Vergleich zur ersten Variante erhöhen. Da jedoch der vorhandene Netzanschluss mit bis zu 30 % deutlich besser ausgenutzt wird, sinken die zu zahlenden Netzentgelte. Die Kosten hängen nur von der gewählten Anzahl Ladesäulen ab und betragen zwischen 32 ct/kWh und 40 ct/kWh.

¹ Technische Universität Clausthal, Institut für elektrische Energietechnik und Energiesysteme, Leibnizstraße 28, 38678 Clausthal-Zellerfeld, www.iee.tu-clausthal.de
{Tel.: +49 5323 72-3597, Fax: +49 5323 72-993597, nils.kreth@tu-clausthal.de},
{Tel.: +49 5323 72-2570, Fax: +49-5323 72-992570, beck@iee.tu-clausthal.de}

Variante 3: Regenerative Schnellladestation

Bei der dritten untersuchten Variante wird die Schnellladestation mit einem Batteriespeicher direkt an einen Windpark über ein eigenes Mittelspannungsnetz angeschlossen, sodass die Nutzung CO₂-freien Stroms und somit die direkte Dekarbonisierung des Verkehrs garantiert ist. Zum Modell des Nutzerverhaltens kommt somit bei der Auslegung die modellierte fluktuierende Einspeisung hinzu. Dies erhöht die Unsicherheit, sodass ein höherer Sicherheitsfaktor berücksichtigt werden muss. Der modulare Aufbau des Batteriespeichers ermöglicht auch hier flexible Anpassungen während des Betriebs. Da die Größe des Batteriespeichers nicht nur von der Anzahl Ladesäulen, sondern auch von der installierten Leistung des Windparks bestimmt wird, sinken die Kosten mit steigender Leistung des Windparks. Die Entfernung zum Windpark, die mit einem Mittelspannungskabel überbrückt werden muss, erhöht die Kosten abhängig der Anzahl Ladesäulen bei einer kleinen Schnellladestation stärker als bei einer großen. Durch die Trennung zum öffentlichen Netz müssen keine Netzentgelte, sondern nur die Stromgestehungskosten des Windparks gezahlt werden, sodass diese Variante die niedrigsten variablen Kosten hat. Aufgrund der vielen Einflussfaktoren variieren die gesamten Kosten am stärksten und liegen im Bereich zwischen 19 ct/kWh und 99 ct/kWh.

Vergleich der untersuchten Varianten

Der Vergleich der drei untersuchten Varianten verdeutlicht, dass keine Variante ausgeschlossen werden darf und für jede Schnellladestation abhängig von den örtlichen Gegebenheiten die passende Variante gefunden werden muss. Dabei sollten jedoch nicht nur die Kosten, sondern auch mögliche zukünftige Erweiterungen der Schnellladestation berücksichtigt werden. Besonders in der Anfangsphase empfiehlt sich daher die Verwendung eines Batteriespeichers: Der geringe Aufwand bei der Installation ermöglicht den schnellen Aufbau eines flächendeckenden Netzes an Schnellladestationen. Außerdem können die Schnellladestation erst mit weniger Ladesäulen ausgestattet und so die Anfangsinvestitionen gesenkt werden, da die Nutzung am Anfang geringer sein wird. Anschließend ermöglicht der modulare Aufbau des Batteriespeichers die Erweiterung der Schnellladestation.

Variante Netzausbau	Variante Netzausbau	Variante Netzausbau
<ul style="list-style-type: none"> • Kosten: 31 – 68 ct/kWh • abhängig von der Länge auszubauenden Kabels • bei großen Schnellladestationen günstiger + keine zusätzl. Verluste – geringe Auslastung der Betriebsmittel – Erweiterung aufwändig 	<ul style="list-style-type: none"> • Kosten: 32 – 40 ct/kWh • abhängig von der Anzahl Ladesäulen • bei kleinen Schnellladestationen günstiger + modularer Aufbau – einfach erweiterbar – zusätzl. Verluste – Unsicherheit bei Auslegung 	<ul style="list-style-type: none"> • Kosten: 19 – 99 ct/kWh • abhängig von der inst. Leistung des Windparks • abhängig von der Entfernung zur Übergabestation + garantiert regenerativer Strom + modularer Aufbau – einfach erweiterbar – Unsicherheit bei Auslegung

Abbildung 1: Übersicht der Varianten zur Netzanbindung der Schnellladestation