

SCHNELLADUNG VON ELEKTROBUSSEN

CHANCEN FÜR LOKALEN SOLARSTROM UND PV-SPEICHER



Quelle: Stadtwerke Münster

Bild 1: PV-Module auf Dächern des Betriebshofs der Stadtwerke Münster, deren Energie gesteuert entweder lokal zur Ladung von Elektrobusen, oder lokal für den Eigenverbrauch des Busdepots oder für das öffentliche Netz genutzt wird.

In Verbindung mit dem fortschreitenden Ausbau Erneuerbarer Energien, Klimaschutz und begrenzten fossilen Energieressourcen gewinnt die Elektromobilität zunehmend an Bedeutung. Dabei liegt nahe, Elektrofahrzeuge mit lokal erzeugtem Solar- bzw. Windstrom CO₂-neutral zu betreiben.

Von eÖPNV bis ZeEUS

Als im Februar 2012 das Teilprojekt „eÖPNV“ des BMBF-Projekts „SEB Schnellladesysteme für Elektrobusse im ÖPNV“ mit den Stadtwerken Münster begann, gab es Elektrobusse im ÖPNV praktisch nicht. Das Projektziel lag daher seinerzeit erst einmal in der Technologieentwicklung und praktischen Demonstration eines innovativen Elektrobuskonzepts einschließlich Ladeinfrastruktur an 3 Standorten: Den beiden Endhaltestellen einer realen Buslinie in Münster sowie im Busdepot. Die Entwicklungen

wurden Anfang 2015 abgeschlossen. Am 23.04.2015 erfolgte die offizielle Präsentation des Gesamtkonzepts auf einem Launch Event in Münster. Damit waren die technologischen Voraussetzungen einer Schnellladung von Elektrobusen mit bis zu 500 kW an den Endpunkten einer Buslinie entwickelt.

Zwei Bereiche sollten danach in einem Folgeprojekt ebenfalls in Münster näher untersucht werden: Zum einen eine Vergrößerung der Elektrobusanzahl von 1 auf 5 Fahrzeuge zur demonstrierten Elektrifizierung einer kompletten Stadtbuslinie im echten Linienbetrieb mit Fahrgästen. Zum anderen sollten die Potentiale einer Netzentlastung (relevant angesichts der hohen Ladeleistung von bis zu 500 kW) durch Verwendung eines stationären Speichers (siehe unten) untersucht werden. Die anvisierten 5 Elektrobusse in Münster fahren im 20 Minuten-Takt und laden in weniger als 5 Minuten mit bis zu 500 kW. Ein zu untersuchender Speicher könnte sich also in dieser Schnellladedauer entladen und eine Teilmenge des Ladestroms für die Elektrobusse liefern, um das Stromnetz zu unterstützen. In den verbleibenden 15 min kann der Speicher mit Energie aus dem Netz und/oder einer PV-Anlage aufgeladen werden.

Dieses Folgeprojekt konnte schließlich im Rahmen eines neuen EU-Projekts ermöglicht werden: „Zero Emission Urban Bus System“ (ZeEUS, 13,5 Mio. € Förder volumen der EU). In 10 Städten Europas – darunter auch in Münster – werden bis April 2017 elektrische Buslinien verschiedener Technologien demonstriert, dortige Erfahrungen und Daten gesammelt und die erhaltenen Ergebnisse ausgewertet. Initiiert und konzipiert wurden beide Projekte in Münster vom Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe (ISEA) der RWTH Aachen, welches auch die Rolle des Projektleiters übernahm.

Der stationäre Speicher

Der stationäre Speicher (Lieferant: Firma Qinous) befindet sich an einer Schnellladestation für Elektrobusse am

Busdepot der Stadtwerke Münster, auf dessen Dächern eine PV-Anlage betrieben wird. Der Speicher kann dort neben dem Peak Shaving der Busladeleistung auch die Verbrauchsspitze des Busdepots abschwächen und den Überschuss erzeugter Energie aus den PV-Anlagen z.T. zwischenspeichern.

Der Speicher besteht aus einem Container mit Modulen von Lithiumionenbatteriezellen (Hersteller: Samsung SDI), einem bidirektionalen Umrichter, diversen passiven und aktiven Sicherheitsmechanismen sowie der Systemsteuerung, die das Gesamtsystem überwacht: Von der Erzeugung der PV-Anlagen, dem Verbrauch des Busdepots und der Schnellladestation für Elektrobusse bis hin zur Zellspannung und -temperatur im Speicher. Mit den Daten kann die Systemsteuerung entsprechend der eingestellten Betriebsstrategie des Speichersystems reagieren: Ein Wert wird vorgegeben, ab dem ein Erzeugungsüberschuss aus den PV-Anlagen gespeichert wird. Analog steuert eine Leistungsvorgabe, ab wann Speicherleistung zum Verbraucher abgegeben wird, um das Netz zu entlasten. So kann beispielsweise eine Verbrauchsspitze mit einem gespeicherten Erzeugungsüberschuss zeitverschieben versorgt werden. Die Vielzahl an Daten, die während des Betriebs entstehen, wird erfasst und lokal wie auch zentral abgelegt. Eine Überwachung und Steuerung des Speichers aus der Ferne ist möglich und erlaubt eine komfortable Anpassung der Steuerungswerte an veränderte Anforderungen, wie z.B. bei starken Unterschieden in der Erzeugung je Jahreszeit oder Verbrauchskurvendifferenz zwischen Wochentag und Wochenende.

Rechnet sich das?

Für den finanziellen Machbarkeitscheck derartiger Stromspeicher an Schnellladestationen für Elektrobusse sind viele Parameter zu berücksichtigen. Als Vergleichsmaßstab dient dabei immer der klassische Stromnetzausbau ohne Speicher mit Erdkabelverlegungsaufwand, Transformator und Elektronik. Bei den Speichern sind die Randbedin-



Bild 2: Batteriespeichercontainer an einer Schnellladestation für Elektrobusse bei den Stadtwerken Münster (schwarz im Vordergrund die Lithiumionen-Batterie mit Zellen der Firma Samsung SDI, nicht sichtbar direkt dahinter darin ein bidirektionaler Umrichter und die Systemsteuerung)

gungen des jeweiligen Einsatzes sehr bestimmend für das Systemdesign und damit die Kosten. Die Speichergröße wird u.a. aus der Höhe der Leistung ermittelt, mit der das Netz unterstützt werden soll sowie der erwarteten Lebensdauer. Letzteres ist wichtig, weil die Lebensdauer der klassischen Stromversorgung eher in Jahrzehnten zu messen ist, die der Speicher eher nur in Jahren.

Ein Beispiel eines kompletten Speichersystems für Schnellladestationen mit einem Speicherkapazitätsbedarf von ca. 100 kWh (bestehend aus Container, Umrichter, Klimaanlage, Batteriemanagementsystem, Steuerung, Monitoring und Datenbereitstellung) wird hier zu einem Preis netto von 800 bis 1.000 €/kWh angenommen. Bei 100 kWh Energieinhalt ergibt sich ein Preis von 80 bis 100.000 €. Im Vergleich mit einem klassischen Netzausbau (Mittelspannungsanschluss, 170 m Erdkabel inkl. Verlegungsaufwand, inkl. Trafo) mit Kosten von etwa 40.000 € ergibt sich zum jetzigen Zeitpunkt kein Kostenvorteil beim Speicher - nicht zuletzt wegen der stark unterschiedlichen Lebensdauern. Daran ändert auch die Berücksichtigung des Leistungspreises an der 500 kW-Schnellladestation nichts, der durch eine Speichernutzung abgesenkt wird relativ zum unmittelbaren Leistungsbezug aus dem Stromnetz. Allerdings greift dieser simple Kostenvergleich zu kurz, weil er wichtige Entwicklungen ignoriert sowie Chancen einer integrierten Planung von Mobilität und Stromnetzen außer Acht lässt.

Entwicklungen im Speichermarkt lassen angesichts zukünftig steigender Stückzahlen Preissenkungen erwarten, bei gleichzeitiger Verbesserung der Lebensdauer durch technische Optimie-

rungen. Ein Speichercontainer an einer Schnellladestation bietet zudem den Vorteil, dass er sich relativ leicht neu positionieren lässt, sollte sich beispielsweise die Busroute ändern – das Erdkabel beim klassischen Netzausbau ist dem gegenüber nicht mobil und müsste ganz neu verlegt werden.

Integrierte Planung von Elektromobilität und Netzen

Ganz neue Chancen könnten durch eine integrierte Planung von Elektromobilität und Netzen entstehen: Wenn nämlich in einer Kommune derartige Speicher an Schnellladestationen von Elektrobusen im ÖPNV zusätzlich auch zugunsten der Stromnetze genutzt werden.

Das Marktpotential ist dabei durchaus beträchtlich: Bei einer mittelgroßen Stadt mit etwa 300.000 Einwohnern könnten mittelfristig z.B. 20 Buslinien sich für eine Elektrifizierung mit Elektrobusen eignen, was sekundär einen Bedarf von etwas über 40 stationären Speichern (ähnlich dem hier beschriebenen) auslösen könnte. Aggregiert ergeben sich unter Nutzung derartiger Speicher Leistungspotentiale von etwa 2,2 MW und Energieinhalte von etwa 4,5 MWh für eine solche Stadt.

Dieses Speicherpotential bietet Chancen für die ökonomisch relevante Direktvermarktung von Systemdienstleistungen für Netze am Regelenergiemarkt. Durch die Aggregation der Speicherkapazität von verteilten stationären „ÖPNV-Speichern“ einer Stadt könnten hinreichend große „virtuelle“ Speicher entstehen. Die angestrebte weitere Öffnung des Regelenergiemarktes für neue Anbieter (siehe BMWi-Weißbuch zum Strommarktdeign) dürfte hier neue Geschäftsmodelle unter Beachtung regulatorischer Rahmenbedingungen ermöglichen.

Wichtig ist im Einzelfall eine vorherige Machbarkeitsstudie sowie Simulation und Optimierung bei dem komplexen Zusammenspiel der Anforderungen durch den E-ÖPNV und die gewünschte Netz-

dienstleistung. Es sind Anpassungen der Rahmenbedingungen notwendig, um die unterschiedlichen Anforderungen von Speicherbetreiber und Netzbetreiber an den Speicher zusammenzuführen.

Ausblick

Die beiden Projekte SEB e-ÖPNV und ZeEUS haben inzwischen gezeigt, dass ein schnellladefähiges Elektrobussystem auch bei kurzen Wendezeiten technisch realisierbar ist. Bei Schnellladesystemen werden in Zukunft Fragestellungen des Netzanschlusses, des Umgangs mit Lastspitzen (stationärer Speicher), der Nutzung lokaler Erzeuger von nachhaltiger Stromenergie und der Finanzierung eine immer größere Rolle spielen. Die Technologie ist bereits schon heute verfügbar.

Bei der Auslegung eines Elektrobussystems muss im Hinblick auf den Total-Cost-of-Ownership (TCO) darauf geachtet werden, dass die kostenintensiven Komponenten, wie Batterie und Ladeinfrastruktur, gut aufeinander abgestimmt sind, und dass das Gesamtsystem für eine fortschreitende Elektrifizierung der Flotte gerüstet ist. Das ISEA der RWTH Aachen wird sich mit dem neu gegründeten Spin-Off-Unternehmen ebusplan GmbH weiterhin damit befassen und so grundsätzlich allen Verkehrsbetrieben die Möglichkeit geben, von den Erfahrungen und Ergebnissen aus zahlreichen Forschungsprojekten zu profitieren.

ZU DEN AUTOREN:

► Werner Rohlfis und Michaela Winter
Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe (ISEA) der RWTH Aachen

wro@isea.rwth-aachen.de
mwi@isea.rwth-aachen.de

Nom. Leistung	55 kW
Nom. Kapazität bei 100 % DoD in kWh	112 kWh
Zell-Technologie	Lithium Mangan Oxid (LMO)
Nom. Strom	84 A
Max. Strom	150 % für 3 sek.
Wirkungsgrad AC-AC / DC-DC	> 88 % / > 95 %
DC Spannung	768V bis 1055V
Zyklen Lebenserwartung	4000 bei 80 % DoD und 80 % EoL-Kapazität
Gewicht/Breite/Höhe/Tiefe	3t / 2,53 x 2,10 x 1,35 m
(DoD: Depth-of-Discharge, EoL: End-of-Life)	

Tabelle 1: Technischen Daten des stationären Speichers in Münster