



Dipl.-Ing Werner Rohlf, Ivan Mareev M.Sc.,
Dipl.-Ing. Matthias Rogge; Aachen

Innovative Schnellladung von E-Bussen im Projekt SEB e-ÖPNV

Ladeleistung von bis zu 500 kW ermöglicht Integration in regulären Linienbetrieb

In Verbindung mit erneuerbaren Energien, Klimaschutz und begrenzten fossilen Energieressourcen gewinnt die Elektromobilität stark an Bedeutung. Immer mehr Kommunen haben sich dazu entschlossen, ihre Treibhausgasemissionen in den nächsten Jahren deutlich zu reduzieren. Als im Februar 2012 das Teilprojekt „e-ÖPNV“ des BMBF-Projekts „SEB – Schnellladesysteme für Elektrobusse im ÖPNV“ mit den Stadtwerken Münster begann, waren ehrgeizige Projekte zu Elektrobussen im ÖPNV noch rar. Das Projektziel lag daher in der Technologieentwicklung und praktischen Demonstration eines innovativen Elektrobuskonzepts einschließlich Ladeinfrastruktur. Die Entwicklungen wurden Anfang 2015 abgeschlossen. Am 23. April 2015 erfolgte die offizielle Präsentation des Gesamtkonzepts auf dem Launch-Event in Münster.

Initiiert und konzipiert wurde das Projekt vom Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische

Antriebe (ISEA) der RWTH Aachen, welches bei der Durchführung unter anderem die Rolle des Projektleiters übernahm. Die Grundidee war es, ein Elektrobussystem zu entwickeln, welches hinsichtlich der Verfügbarkeit im Liniendienst mit Dieselnissen konkurrieren kann. Der Ladevorgang sollte in den ohnehin vorhandenen Standzeiten an den Endhaltestellen erfolgen. Durch die begrenzte Standzeit ergeben sich vergleichsweise hohe Ladeleistungen, wie in Abbildung 1 für verschiedene Randbedingungen dargestellt.

In Absprache mit den Projektpartnern verständigte man sich auf ein ehrgeiziges Ziel. Für das Elektrobussystem sollte eine Ladeleistung von bis zu 500 kW realisiert werden. Diese Leistung bietet die Möglichkeit, auch bei größeren Verspätungen eine ausreichende Energiemenge laden zu können. Weiterhin können auch 18 m oder 24 m lan-



Rohlf



Mareev



Rogge

DIE AUTOREN

Dipl.-Ing. Werner Rohlf ist als Senior Scientist in der Forschungsgruppe von Prof. Sauer am Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe (ISEA) der RWTH Aachen tätig. Er ist dort verantwortlich für die Geschäftsfeldentwicklung, die Ko-Leitung des Teams ÖPNV sowie die Leitung von Forschungsprojekten im Busbereich. Rohlf erwarb zwei Abschlüsse (Diplom-Ingenieur, TU Berlin sowie „Master of Science in Environmental Engineering“, USA).

Ivan Mareev, M.Sc. ist seit 2013 als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am ISEA der RWTH Aachen in der Abteilung Batteriesystemtechnik und Fahrzeugintegration tätig. Nach seinem Studium der Elektrotechnik an der RWTH Aachen war er am ISEA an Projekten rund um Elektro- und Wasserstoffbusse beteiligt mit dem Schwerpunkt Auslegung und Dimensionierung des Energiespeichersystems.

Dipl.-Ing. Matthias Rogge ist seit 2011 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am ISEA. Zusammen mit Werner Rohlf leitet er das Team ÖPNV. Der Schwerpunkt seiner Forschung liegt in der Erstellung von kostenoptimierten Elektrifizierungskonzepten für Busflotten im Nahverkehr. Rogge studierte Elektrotechnik an der RWTH Aachen und ist seit 2013 Mitglied des europäischen Doktorandenprogramms von Climate KIC.

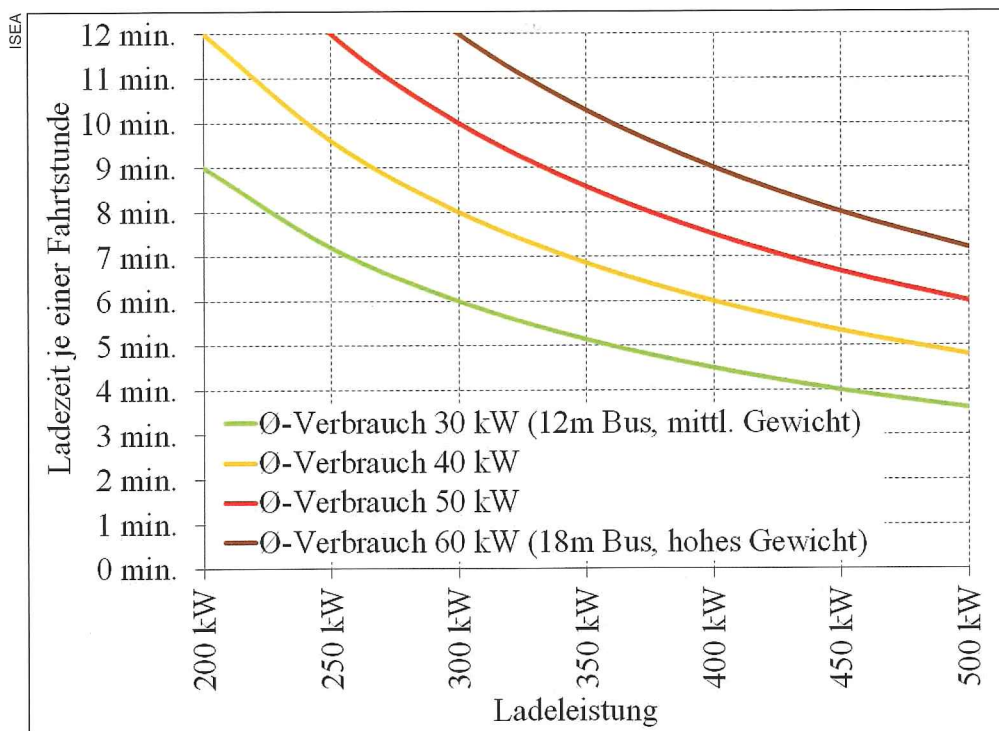
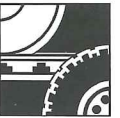


Abb. 1: Benötigte Ladedauer in Minuten für unterschiedliche Ladeleistungen in Abhängigkeit des mittleren Energieverbrauchs des Fahrzeugs.



fahren und sich nach dem aktuellen Fahrplan richten. Durch die hohe Ladeleistung können die Wendezeiten eingehalten werden, sodass der bestehende Fahrplan ohne Anpassungen übernommen werden kann.

Abbildung 3 zeigt den Streckenverlauf der Linie 14 in Münster. Die Linie verläuft über die Münsteraner Altstadt, den Zoo sowie über Hauptbahnhof und ist daher eine gut frequentierte und öffentlichkeitswirksame Route. Die Gesamtlänge der Linie beträgt etwa 12 km, die Anzahl der Fahrten pro Bus und Jahr etwa 6 000.

Das Höhenprofil der Linie enthält – wie auch das übrige Stadtgebiet – keine großen Höhenunterschiede. Die Schnellladestationen werden an Endhaltestellen der Linie 14 aufgebaut, um die Wendezeiten als Zeit für das Laden der Batterie zu nutzen. So wird die Batterie in etwa drei bis fünf Minuten mit der für eine Fahrt benötigten Energie geladen. Zu Testzwecken wurde eine zusätzliche Schnellladestation auf dem Betriebshof der Stadtwerke Münster aufgebaut, an der das Gesamtsystem aus Ladeelektronik, Koppellarm und Elektrobus getestet wurde, bevor der Elektrobus im regulären Linienbetrieb eingesetzt wird.

Um das Batteriesystem des Elektrobusses und die Ladeleistung der Schnellladestationen auszulegen, wurde die Fahrstrecke der Linie 14 durch das ISEA modelliert und eine Reihe von Simulationen unter Annahme verschiedener Randbedingungen durchgeführt. Damit wurden der Energieverbrauch auf der Fahrstrecke sowie die benötigten Leistungen des Batteriesystems und der Schnellladestationen bestimmt.

Zur Simulation wurde ein am ISEA entwickeltes Modell bestehend aus dem Strecken- und Fahrzeugmodell benutzt. Das Streckenmodell liest die Strecke aus GPS-Daten und Höhenprofil ein und fügt die Haltestellen, Geschwindigkeitsbegrenzungen, Haltedauern et cetera hinzu. Anschließend werden mit dem Fahrzeugmodell die Fahrten des Elektrobusses auf der Strecke simuliert und der resultierende Leistungs- und Energiebedarf bestimmt. Als Eingangsparameter für das Simulationsmodell wurden die Streckendaten und Fahrplandaten der Linie 14 nachgebildet. Als Fahrzeugparameter wurden eine maximale Antriebsleistung von 226 kW, ein Wirkungsgrad des Antriebssystems von 90 Prozent und ein Entladewirkungsgrad der Batterie von 95 Prozent angenommen.

Des Weiteren wurden drei Betriebsfälle unterschieden, die in Tabelle 1 dargestellt sind. Sie unterscheiden sich durch Variation des Gewichts und der Nebenverbrauchsleistung. Im Betriebsfall „Mittlere Belastung“ hat der Bus eine durchschnittliche Zuladung und Klimatisierungsleistung, wogegen im Betriebsfall „Maximale Belastung“ der Bus voll beladen ist und die maximale Klimatisierungsleistung



Abb. 5: Gesteckte Kopplungsvorrichtung, vom Busdach aus zum Bus blickend, noch ohne die spätere Verkleidung.



Stadtwerke Münster



Stadtwerke Münster



Stadtwerke Münster



Stadtwerke Münster

Abb. 6: Betriebshof-Haltestelle zu Beginn und nach Abschluss des Aufbaus; die Größe des Ladestationscontainers ist auch bedingt durch die Unterbringung projektfremder Elektronik.

abgerufen wird. Der Betriebsfall „Betriebsfahrt“ wird benutzt, um den Streckenabschnitt zwischen den Endhalten Mauritz Friedhof und Gallenkamp zu simulieren. Dieser wird benötigt, weil die Hin- und Rückfahrt sich in der Linienführung unterscheiden.

Tabelle 1: Betriebsfälle in der Simulation.		
Betriebsfall	Gewicht	Nebenverbrauch
Betriebsfahrt	12,5 t	3 kW
Mittlere Belastung	14,5 t	6 kW
Maximale Belastung	18 t	0 kW

Auch bei einem Ausfall von einer Ladestation soll ein uneingeschränkter Betrieb des Elek-

trobussystems möglich sein. Die Batteriekapazität muss daher die Hin- und Rückfahrt auf der Linie 14 abdecken. Im Normalfall wird dafür eine Energiemenge von zirka 32,5 kWh (38 Prozent der Batteriekapazität) benötigt. Im Fall der vollen Belastung steigt dieser Wert auf rund 45,4 kWh (53 Prozent der Batteriekapazität). Weil die Batterie im Regelbetrieb an jeder Endhaltestelle nachgeladen wird, betragen die Entladetiefen je nach Betriebsfall 19 beziehungsweise 27 Prozent, wodurch eine lange Lebensdauer der Batterie erreicht wird.

Technische Entwicklungen

Die hohe Ladeleistung von bis zu 500 kW stellte alle Partner vor neue Herausforde-

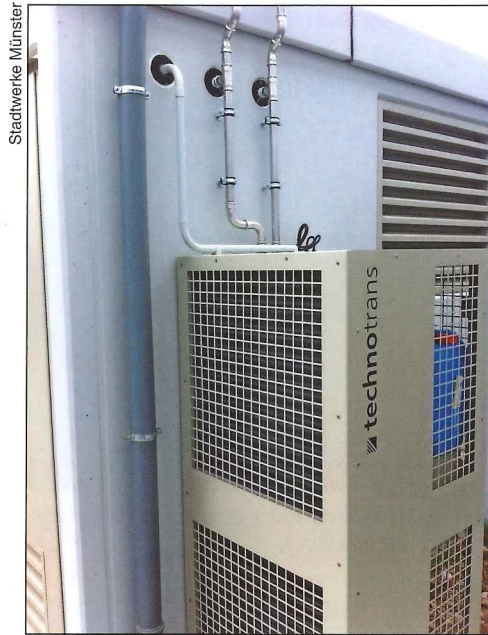


Abb. 7: Links: In den Container integrierte Leistungselektronik. Mitte: Kühlsystem für die Leistungselektronik. Rechts: Koppelarm auf dem Haltestellenhäuschen.

rungen. Komponenten wie Ladegerät, Kopp lungstechnik und Batterie waren zu Beginn des Projekts in dieser Leistungsklasse für die Anwendung in einem Elektrobussystem am Markt nicht verfügbar.

Ladegerät

Das im Projekt verwendete Ladegerät wurde vom Partner Pintsch Bamag realisiert. Im Fokus des Entwicklungsprozesses standen dabei Sicherheit, eine gute Verfügbarkeit und ein hoher Wirkungsgrad. Durch eine Sicherheitsschleife wird die gesamte Strecke vom Lader bis zur Batterie während des Ladevorgangs permanent überwacht. Fehler in den einzelnen Komponenten und Unterbrechungen bei den stromführenden Kontakten sowie der Erdung können so sicher erkannt und der Ladevorgang daraufhin abgeschaltet werden. Ebenso werden Größen wie Spannung, Strom und Temperatur dauerhaft überwacht.

Um eine gute Verfügbarkeit zu gewährleisten, wurden Komponenten aus dem Bahnbereich verwendet, die im Vorfeld durch beschleunigte Alterungstests geprüft wurden. Das Ladegerät besteht aus vier parallelen Leistungsteilen, die einzeln abgeschaltet werden können. Durch diese Redundanz wird auch im Fehlerfall ein Betrieb gewährleistet, wenn auch mit verringerter Leistung.

Dem Wirkungsgrad kommt in diesen Leistungsbereichen eine besondere Bedeutung zu. Entstehende Wärmeverluste müssen zum einen durch Kühlsysteme abgeführt werden, wodurch Lärm entstehen kann, zum anderen muss die Verlustenergie auch bezahlt werden. Pintsch Bamag verwendet daher im Ladegerät eine wirkungsgradoptimierte Architektur bestehend aus einem span-

nungsfesten und einem variablen Teil, der die Regelung der Ladeleistung übernimmt. Das Konzept ist zum Patent angemeldet. Der von Pintsch Bamag gefertigte Tiefsetzsteller erreichte in Labortests einen Wirkungsgrad von 97,6 Prozent, typische Wirkungsgrade dieser Systeme liegen sonst bei 92 Prozent. Das Kühlsystem für das stationäre Ladegerät wird von der Firma Technotrans geliefert. Sowohl das Ladegerät als auch das Kühlsystem werden in Abbildung 7 gezeigt.

Koppelsystem

Für die Übertragung der vom Ladegerät bereitgestellten Leistung wird ein leitfähiges Koppelsystem genutzt, welches vom Institut für fluidtechnische Antriebe und Steuerungen (IFAS) der RWTH Aachen konzipiert und gebaut wurde. Die Kommerzialisierung ist durch Schunk Bahn- und Industrietechnik GmbH vorgesehen. Randbedingungen für die Entwicklung waren ein möglichst robuster und kostengünstiger Aufbau sowie eine unauffällige Integration in bestehende Haltestellen. Zunächst wurde eine unterirdische Lösung favorisiert, die dann aber aufgrund von baulichen Beschränkungen im Untergrund verworfen wurde.

Die nun realisierte Lösung (Abb. 5, noch ohne die Außenabdeckung) ist auf dem Dach des Wartehäuschens untergebracht. Busseitig befindet sich flach aufliegend auf dem Dachrand des Busses nur ein längliches und leichtes Empfängerteil für den Koppelarm, welcher vom Wartehäuschendach ausfährt. Dadurch werden busseitig Gewicht und Kosten deutlich reduziert relativ zu Koppelsystemen mit umfangreicheren Aufbauten auf dem Dach jedes einzelnen Busses. Somit sollten Einsparungen bei einer Elektrifizierung ganzer Busflotten er-

reichbar sein. Der Bus signalisiert seine Ladebereitschaft über eine Funkverbindung an das Koppelsystem, woraufhin sich der Koppelarm in Bewegung setzt.

Das System ist in der Lage, abweichende Haltepositionen des Fahrzeugs mit einer Toleranz von ± 250 mm in Fahrtrichtung und 700 mm in Querrichtung auszugleichen. Auch ein Absenken des Fahrzeugs durch Kneeling ist durch die Nutzung eines Kugelgelenks im Kopf des Koppelarms und durch die Neigung des Koppelarms möglich. Neben automatisierten Sicherheitsalgorithmen besteht auch die Möglichkeit, die mechanische Verriegelung manuell zu lösen und die Mechanik in ihren Ausgangszustand zu überführen. Dadurch kann die Busfahrt fortgesetzt und zeitnah ein Wartungsteam zur Fehlerdiagnose hinzugerufen werden.

Batteriesystem

Der Projektpartner Hoppecke hat in Zusammenarbeit mit dem ISEA das hochleistungsfähige Lithium-Ionen Batteriesystem entwickelt. Die zentrale Problemstellung war dabei nicht die Bereitstellung der benötigten Kapazität für eine Fahrt, da diese bei einer Wegstrecke von 12 km relativ moderat ausfällt, sondern die Aufnahme der hohen Ladeleistung. In einem Marktscreening zu Beginn des Projekts konnte die Auswahl in Frage kommender Batteriezellen sehr schnell stark eingegrenzt werden. Speziell für hohe Leistungen optimierte Zellen waren zwar am Markt verfügbar, jedoch bezieht sich die hohe Leistung größtenteils auf den Entladefall. In Laderichtung ist die Leistung meist stark limitiert.

Mit der für das System ausgewählten NMC Lithium-Ionen Zelle wurde bereits zu Beginn des Entwicklungsprozesses ein Lebensdauertest



mit realistischen Lastprofilen gestartet, um die Auswirkungen der Schnellladung auf die Alterung der Zellen bewerten zu können. Der Test erstreckte sich über mehr als zwei Jahre und hat gezeigt, dass die ausgewählte Zelle auch in der Schnellladeanwendung die spezifizierte Lebensdauer des Herstellers erreicht.

Für die Kühlung des Batteriepacks wurden verschiedene Konzepte entwickelt und analysiert. Das im Bus verbaute Batteriepack nutzt eine Flüssigkeitskühlung. Die Verlustwärme wird über Aluminiumrahmen direkt von der Zelle an das Kühlmedium übertragen. Eine auf dem Busdach montierte Kühleinheit gibt die Wärme an die Umgebung ab.

Das gesamte Batteriesystem ist in drei parallel geschaltete Teilsysteme unterteilt, die alle im Heck des Fahrzeugs untergebracht sind. Jedes Teilsystem hat eine Kapazität von 28,5 kWh, sodass sich der Gesamtenergieinhalt zu rund 86 kWh ergibt. Es werden NMC-Lithium-Ionen-Zellen genutzt. Der Spannungsbereich der Teilsysteme reicht von 450 V im entladenen Zustand bis zu 705 V im vollständig geladenen Zustand.

Die Unterteilung in drei unabhängige Teilsysteme sorgt für eine Redundanz der Batterie, so dass der Bus auch bei einem Ausfall von zwei Teilsystemen noch fahrbereit ist. Die Unterbringung im Heck ermöglicht eine aufwandsarme Integration in den Bus. Für eine Montage des Batteriesystems auf dem Dach des Fahrzeugs hätte das Buschassis verstärkt werden müssen, was wiederum ein zusätzliches Gewicht und damit einen erhöhten Energieverbrauch zur Folge gehabt hätte.

Bus

Als Basisfahrzeug wird der VDL-Citea Electric genutzt. Der 12-m-Niederflurbus ist

gewichtsoptimiert und bietet ausreichend Bauraum für die im Projekt entwickelten Komponenten. Die Integration erfolgte zusammen mit den Ingenieuren und Technikern von VDL, der Firma e-Traction und den Projektpartnern.

Der Bus nutzt das Antriebssystem von Ziehl-Abegg. Es besteht aus Radnabenmotoren, welche die breiten Supersingle-Reifen direkt antreiben. Die benötigte Leistungselektronik ist in das Achsmodul integriert, wodurch Bauraum im Fahrzeug beziehungsweise auf dem Dach eingespart werden konnte. Der Bus verfügt über die gleiche Komfortausstattung wie die restliche Flotte der Stadtwerke Münster. Der Fahrzeuginnenraum ist vollklimatisiert. Die Bereitstellung der benötigten Heizleistung erfolgt im Winter durch eine Bioethanol-Heizung, so dass auch bei extremen Minusgraden der Betrieb gewährleistet ist.

Eindrücke vom Aufbau

Um das Gesamtsystem bestehend aus dem Elektrobus, Koppelarm und Ladeelektronik zu testen, wurde zuerst eine Ladestation auf dem Betriebshofgelände der Stadtwerke Münster aufgebaut. So konnte der Koppel- und Ladevorgang in einer abgeschlossenen Umgebung erprobt und die Komponenten im Detail aufeinander abgestimmt werden.

Zunächst wurde von den Stadtwerken Münster das Gelände für die Ladestation vorbereitet und darauf ein Container für einen Transformator zur Anbindung an das 10-kV-Mittelspannungsnetz und für die Leistungselektronik der Ladestation sowie das Haltestellenwartehäuschen aufgebaut (Abb. 6). Danach wurde die Leistungselektronik des Ladegeräts in den Container eingebaut

und die Flüssigkeitskühlung für den Umrichter eingerichtet. Anschließend erfolgte der Aufbau des Koppelarms auf dem Dach der Haltestelle (Abb. 7).

Aufgebaut wurde der Elektrobus in der Halle des Busherstellers VDL. Das Batteriesystem (bestehend aus drei Batteriepacks) wurde in das Heck des Busses integriert. In diesem Bauraum befinden sich bei der konventionellen Diesel-Variante des VDL Citea der Dieselmotor mit seinen Nebenaggregaten und das Getriebe. Die busseitige Steckvorrichtung des Koppelsystems wurde auf das Busdach im Heckbereich montiert.

Nach der Auslieferung des Elektrobusse an die Stadtwerke Münster wurde der Ladevorgang mit dem Gesamtsystem getestet und automatisiert. Abbildung 4 zeigt den Bus in der Position vor der Haltestelle, sodass der Koppelarm (auf dem Wartehäuschendach) sich mit dem busseitigen Teil des Koppelsystems verbinden kann. Rechts ist der Koppelarm in gekoppelter Position gezeigt. Bei den zwei frei hängenden Kabeln (Abb. 4, ganz rechts) handelt es sich um eine CAN-Verbindung und einen Interlock-Kreis, die beide im Laufe der Inbetriebnahmetests ebenfalls in den Stecker des Koppelarms integriert wurden.

Nach Abschluss der Gesamtsystemtests wurde der Koppel- und Ladevorgang vollständig automatisiert, sodass der Fahrer diesen Vorgang allein auslösen, aber im Ausnahmefall auch manuell abbrechen kann, wie es der Linienbetrieb erfordert. Auch der Aufbau der zwei weiteren Ladestationen an den Endhaltestellen Zoo und Galenkamp hat bereits begonnen und wird im Juni beziehungsweise Juli dieses Jahres fertiggestellt.

ANZEIGE

ViFIS®

Das neue Haltestellendisplay

Die Konfiguration erfolgt individuell nach Ihren Erfordernissen bzw. den Bedürfnissen Ihrer Fahrgäste.

- LED-Display zur Fahrgastinformation in Echtzeit
- E-ink Display für den statischen oder dynamischen Fahrplan
- Vorleseeinheit "Text to speech"; Videokamera; Leitstellenruf oder vieles mehr...

Nähere Informationen finden Sie unter www.lumino.de



LUMINO Licht Elektronik GmbH
Europark Fichtenhain A8
47807 Krefeld
info@lumino.de
www.lumino.de



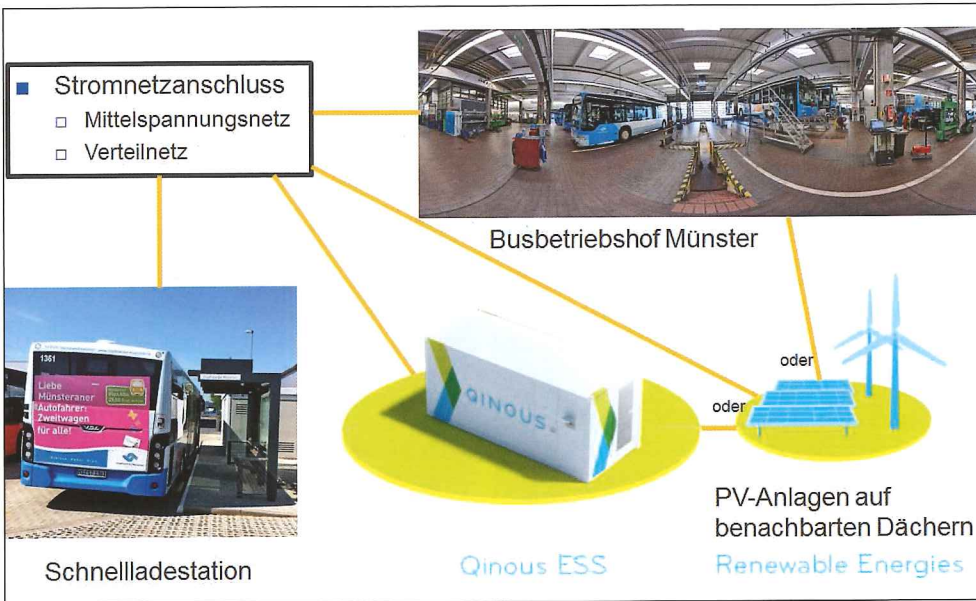


Abb. 8: Prinzipdarstellung des Aufbaus auf dem Betriebshof in Münster mit zusätzlichem stationären Energiespeicher.

Nachfolgeprojekt ZeEUS

Das Konzept einer vollautomatischen Schnellladung von Batteriebussen mit bis zu 500 kW wurde als eigenes Teilprojekt in das EU-Projekt ZeEUS (13,5 Mio Euro Fördervolumen) eingebracht. Dessen primäres Ziel besteht in der Demonstration und Evaluation von gerade kommerziell erhältlich gewordenen Technologien im Bereich der Hybrid- und vollelektrischen Linienbusse im ÖPNV, gezeigt am Beispiel von sieben Demonstrationen in den Städten Münster, Bonn, Pilsen, Barcelona, London, Stockholm und Cagliari. Die im SEB e-ÖPNV Projekt entwickelte Technologie wird im ZeEUS Projekt einem ausgiebigen Langzeittest unterzogen und wurde in zwei Punkten modifiziert beziehungsweise erweitert.

Zum einen wird nun die Buslinie 14 mit insgesamt fünf Elektrobusen vollständig elektrifiziert (ein Bus aus dem SEB e-ÖPNV Projekt, vier weitere Busse aus dem ZeEUS-Projekt). Bei allen Bussen handelt es sich um die zuvor beschriebene 12 m lange Niederflur-VDL-Citea-Electric-Plattform.

Ein zweiter wichtiger Unterschied besteht in der Betrachtung und der Realisierung unterschiedlicher Anbindungsmöglichkeiten der Ladestationen an das Stromnetz. Dies wird im ZeEUS-Projekt ausschließlich bei der Demonstration in Münster untersucht. Die jeweilige Netzanbindung ist ein wichtiger Planungsfaktor bei dem allmählichen Ausbau der Elektromobilität über die gesamte Busflotte. Die Ursache liegt in dem Umstand begründet, dass sowohl Mittelspannungsnetze (Spannungsebene beispielsweise 10 kV) als auch Ortsnetze jeweils lokalspezifische Kapazitätsgrenzen für zusätzliche Stromversorgungsaufgaben haben. Bei Ortsnetzen liegt die Bemessungsleistung der Transformatoren

üblicherweise im Bereich 250, 400 oder 630 kVA.

Wenn Schnellladestationen gleichzeitig und vermehrt mehrere Elektrobusse mit bis zu 500 kW je Bus laden sollen, dann kann dies ein lokales Stromnetz vor Herausforderungen stellen, die im ZeEUS-Projekt simulativ und praktisch näher untersucht werden sollen. Es werden dabei zwei grundsätzliche Ansätze miteinander verglichen, um mit diesen Herausforderungen umzugehen. Die Motivation zur Untersuchung ergibt sich aus den Randbedingungen einer Ausbauplanung für eine Elektrifizierung der eigenen Busflotte über die Jahre hinweg.

Wenn Busbetreiber bei der Ausbauplanung Schnellladestationen an Orten errichten möchten, an denen kein nahes Mittelspannungsnetz verfügbar ist (Erdkabelverlegung kann im Einzelfall erhebliche Kosten verursachen), muss die Auslegung der Ladestation an den Anschluss an ein oder mehrere lokal bereits existierende Niederspannungsnetze angepasst sein. Bei den hohen Ladeleistungen für Elektrobusse ergibt sich hier gegebenenfalls der Bedarf an stationären Energiespeichern zu Netzentlastungszwecken. Dabei wird in den Minuten der Schnellladung der Busse der Strom sowohl aus dem Ortsnetz als auch aus dem stationären Speicher entnommen. Der stationäre Speicher wird dann zwischen den einzelnen Schnellladungen der Busse wieder aufgeladen.

Prinzipiell kann der stationäre Speicher in den Zeiten, in denen er nicht unmittelbar für die Schnellladestation genutzt wird, auch andere Netzdienstleistungen (gegebenenfalls gegen Entgelt) übernehmen. Der Preis für diese Planungsflexibilität hinsichtlich der Ortswahl von Schnellladestationen besteht

also in der eventuellen Notwendigkeit eines zusätzlichen stationären Speichers an der Schnellladestation zu Netzentlastungszwecken.

Im ZeEUS-Projekt wird ein stationärer Speicher an der Schnellladestation im Betriebshof in Münster errichtet (Kapazität 112 kWh) und betrieben, wie in Abbildung 8 dargestellt. Dabei werden im Betrieb umfangreiche Daten gesammelt und ausgewertet, zudem werden Simulationen durchgeführt, insbesondere mit Blick auf die Steuerung und das Energiemanagement des stationären Systems.

Ausblick

Das Projekt SEB e-ÖPNV hat gezeigt, dass ein schnellladefähiges Elektrobusssystem auch bei kurzen Wendezeiten technisch realisierbar ist. In den kommenden Jahren muss das System (wie auch alle anderen Systeme am Markt) seine Leistungsfähigkeit im täglichen Liniendienst unter Beweis stellen. Gute Lösungen werden sich in dieser Phase herauskristallisieren und den zukünftigen Standard für eine weitere Elektrifizierung der Nahverkehrsbusflotten bilden.

Bei der Auslegung eines Elektrobusssystems muss im Hinblick auf die Total-Cost-of-Ownership (TCO) darauf geachtet werden, dass die kostenintensiven Komponenten, wie Batterie und Ladeinfrastruktur, aufeinander abgestimmt sind und dass das Gesamtsystem für eine fortschreitende Elektrifizierung der Flotte gerüstet ist. Fehlplanungen können hier erhebliche Kosten verursachen und außerdem den betrieblichen Nutzen der Elektrobusse einschränken. Das ISEA hat sich daher dazu entschlossen, dieses Problem mit dem neu gegründeten Spin-Off-Unternehmen EBusPlan gezielt anzugehen. Damit wird grundsätzlich allen Verkehrsbetrieben die Möglichkeit gegeben, von den Erfahrungen und Ergebnissen aus durchgeführten Forschungsprojekten zu profitieren.

Bei Schnellladesystemen werden in Zukunft Fragestellungen des Netzanschlusses, des Umgangs mit Lastspitzen (stationärer Speicher), der baulichen Genehmigungsverfahren und der Finanzierung eine immer größere Rolle spielen. Wichtige Erfolgsfaktoren für eine stärkere Verbreitung von Elektrobusen in Kommunen dürften in tendenziell sinkenden Preisen und im politischen Druck begründet liegen (Klimaschutz, Fördermittel). Die Technologie ist bereits schon heute verfügbar.

