



Foto: KVG Braunschweig

Abb. 1: Einer von drei E-Bussen der KVG Braunschweig im Zentrum von Wolfenbüttel.

Elektrobusse auch im Regionalverkehr?

Das Projekt Elektrobusseinsatz bei der KVG Braunschweig zeigt Möglichkeiten und die künftige Ausrichtung auf

B. Eng. Andrea Seegmüller, Hamburg; Dipl. Vw. Axel Gierga; Salzgitter

Seit Februar 2017 drehen drei Elektrobusse zuverlässig ihre Runden im Verkehrsgebiet der KVG Braunschweig. Sie durchfahren die eher ländlich geprägte Region in Salzgitter, Wolfenbüttel und im Landkreis Helmstedt. Das Unternehmen, sein Aufsichtsrat und die kommunalen politischen Entscheidungsträger haben sich bereits 2015 auf ein Pilotprojekt zum Test von Elektroantrieben geeinigt. Damit haben die KVG-Gesellschafter ein klares Statement für einen nachhaltigen ÖPNV in der Region südlich von Braunschweig abgegeben. Die Entscheidung wurde durch die globalen Umweltschutzziele des Pariser Abkommens sowie die Nachhaltigkeitsstrategie des Regionalverbandes Großraum Braunschweig maßgeblich beeinflusst.

Im April 2018 wurden die Projekterfahrungen gemeinsam mit Evakon ausgewertet und mündeten in einem Gutachten auf dessen Basis der Aufsichtsrat die Beschaffung von weiteren 45 Elektrobusen beschlossen hat. Damit werden rund ein Viertel der KVG-Busse in den nächsten fünf Jahren elektrisch angetrieben sein. Die Untersuchung von Evakon hat zunächst die betrieblichen Anforderungen für den Einsatz und die Instandhaltung von Elektrofahrzeugen betrachtet und die damit einhergehenden Infrastrukturveränderungen sowie resultierende wirtschaftliche Einflussgrößen unter Einbeziehung möglicher Förderungen abgeschätzt. Um sich hinsichtlich der reibungslosen Betriebsabwicklung, sowie der Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems Elektrobus und damit auch in Bezug auf die Be-

triebsabläufe optimal aufzustellen, wurde ein Elektrobusgesamtkonzept erstellt, das eine Kostenabschätzung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sowie eine Handlungsempfehlung beinhaltet.

Die KVG Braunschweig bedient – anders, als es der Name erwarten lässt – die Region südlich von Braunschweig. Hier leistet sie mit 186 eigenen sowie einer Reihe von Nachunternehmerbussen rund 10,2 Mio km pro Jahr und befördert 12,8 Mio Fahrgäste. Da die Reichweitenproblematik in den letzten Jahren die Diskussion um Elektromobilität stark dominiert hat, ist es zunächst nicht naheliegend, Elektrobusse im Regionalverkehr zu testen. Dennoch wurde das Projekt „LEO“ (Linienbetrieb mit Elektrischen Omnibussen) aus der Taufe gehoben. Im Projekt sollten folgende Aspekte

im praktischen Betrieb bei der KVG betrachtet werden:

- Komfort für Fahrgäste und Anwohner,
- Praxistauglichkeit der Busse,
- technische Anforderungen an Betriebs-
höfe, Werkstatt und Personal,
- Sicherheitsanforderungen,
- Energieverbrauch und Reichweiten.

Am Ende galt es festzustellen, ob für das Unternehmen ein wirtschaftlich tragfähiges Elektromobilitätskonzept realistisch ist. Bei der wirtschaftlichen Tragfähigkeit spielen auch die Vorgaben des niedersächsischen Fördergebers, der Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen, eine zentrale Rolle. So sind die Höhe der Förderung aber auch die Randbedingungen und hier eine jährliche Mindestlaufleistung von rund 30.000 km wesentliche Parameter.

Im Rahmen des bereits 2016 gestarteten Projektes hat die KVG zwei E-Solobusse und einen Midi-Elektrobus beschafft. Dafür wur-

de eine europaweite Ausschreibung durchgeführt, bei der sich der Hersteller Sileo durchsetzen konnte. Die beiden E-Solobusse sind in Salzgitter-Lebenstedt und Wolfenbüttel stationiert. Diese Fahrzeuge sind seit Anfang des Jahres 2017 Teil des Fuhrparks der KVG und dienen dem ausgiebigen Test der Technologie, von Einsatzmöglichkeiten sowie dem Erfahrungsgewinn hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Zuverlässigkeit und Komfort für die Fahrgäste. Der E-Midibus ist seit Frühjahr 2018 in Helmstedt eingesetzt. Mit diesem neueren Bus kann auch die jüngste Fahrzeuggeneration mit den neuesten Batteriezellen von Sileo dem Praxistest unterzogen werden.

Herausforderungen des Regionalverkehrs

Als Verkehrsunternehmen im Regionalverkehr befördert die KVG Braunschweig derzeit größtenteils Schüler in den Früh- und Spätspitzen auf kurzen Umläufen. Die Auslastung durch Schülerverkehre schwankt

hierbei nicht nur im Tagesverlauf, sondern auch innerhalb des Jahres durch Ferienzeiten stark. Neben den Schülerverkehren sind die Busse der KVG im Stadtverkehr und auf Schnell- und Regionalbuslinien mit langen Umläufen eingesetzt. Eine Überarbeitung der heute gefahrenen Umläufe für den Elektrobuseinsatz sollte aufgrund der Auswirkungen auf die Dienstpläne bei der Konzepterstellung durch Evakon vermieden werden, weshalb der E-Buseinsatz auf Basis der heute geleisteten Umläufe untersucht wurde. Da Elektrobusse einen Kostenvorteil gegenüber den Dieselnissen nur bei den Betriebskosten ausspielen können, ist ein mehrkostenneutraler Einsatz nur bei möglichst hohen Laufleistungen erreichbar. Darüber hinaus kommen die positiven Umwelteffekte, Reduktion der Lärm- und Schadstoffemissionen, umso stärker zum Tragen, je mehr die Fahrzeuge eingesetzt werden.

Mit den heute am Markt verfügbaren Elektrobussen sind noch nicht alle langen

ANZEIGE

Intelligenter Stadtverkehr
FLEXIBILITÄT
von Volvo

VOLVO BUSSE DEUTSCHLAND GMBH
Oskar-Messter-Str. 20 • D-85737 Ismaning • www.volvobusse.de
Telefon +49 (0) 89 800 74-0 • Fax +49 (0) 89 800 74-551

Der neue vollelektrische Volvo 7900 E eröffnet Ihnen neue Möglichkeiten zur Entwicklung Ihres ÖPNV – und damit zur Gestaltung Ihrer gesamten Stadt. Sauber, leise und ausgestattet mit modernsten Sicherheitseinrichtungen kann er überallhin fahren und seine Fahrgäste direkt zu ihrem Zielort bringen. Nur ein Beispiel: Ihre Fahrgäste könnten mitten in einer Wohnanlage in den Bus einsteigen und ihn direkt an Haltestellen im Innenraum von Krankenhäusern, Einkaufspassagen oder Bahnhöfen wieder verlassen.

Der neue Elektrobus Volvo 7900 E verleiht Ihnen maximale Flexibilität sowohl im Betrieb als auch beim Ladevorgang. Die Fahrgastkapazität bleibt in vollem Umfang erhalten. Ladevorgänge können an der Endhaltestelle, im Busdepot oder in einer beliebigen Kombination durchgeführt werden. Diese Wahlfreiheit verleiht Ihnen ein Höchstmaß an Flexibilität im täglichen Einsatz. Dies ist eine intelligente Lösung für den Stadtverkehr – ein Angebot von Volvo.

Der neue vollelektrische

VOLVO 7900 E

Für intelligente Städte



Volvo Buses. Driving quality of life



Zur Autorin

B. Eng. Andrea Seegmüller (29) ist seit 2016 bei der Evakon GmbH in Hamburg als Projektleiterin für die Erstellung von Einsatzkonzepten für Elektrobusse und die Einführung von Vertriebssystemen bei Verkehrsunternehmen tätig. Sie studierte an der Fachhochschule Erfurt Verkehrs- und Transportwesen und beschäftigte sich bereits im Studium intensiv mit dem wirtschaftlichen Einsatz von Elektrobusen im ÖPNV.



Zum Autor

Dipl. Vw. Axel Gierga (54) kam 2011 von der HEAG Mobibus, Darmstadt als Geschäftsführer zur KVG Braunschweig in Salzgitter. Vom 1. Januar 2014 bis zum 31. März 2017 war er zudem als Geschäftsführer der Verbundgesellschaft Region Braunschweig GmbH bestellt.

Umläufe mit geteilten Diensten der KVG zu besetzen; die unterstellten Fortschritte in der Batterieentwicklung werden jedoch in absehbarer Zeit dazu führen, dass diese Einschränkung entfällt. Ausgehend von der Annahme, dass Batteriebusse als Depotlader mit den derzeit maximal im Fahrzeug unterzubringenden Akkukapazitäten Dieselfahrzeuge noch nicht für alle diese Einsatzfälle 1:1 ersetzen können, ergeben sich im direkten Vergleich veränderte Rahmenbedingungen und Beschränkungen für den Einsatz der Elektrofahrzeuge. Die Reichweite ist durch die Akkukapazität

niedriger als bei Dieselfbussen und limitiert daher die Möglichkeit eines Einsatzes. Zudem ist die Dauer des anschließenden Ladevorgangs nicht mit der des Tankens zu vergleichen, sodass sich zwangsläufig eine Pause zwischen zwei aufeinanderfolgenden Fahrzeugumläufen ergibt.

Diese beiden betriebsbeschränkenden Aspekte sind relevant für die Umlaufbildung und Fahrzeugeinsatzdisposition und werden bei der KVG entsprechend berücksichtigt. Da die Einsatzreichweite im Regionalverkehr das bestimmende Merkmal

ist, hat sich die KVG dafür entschieden, die fossile Zusatzheizung beizubehalten. Die Busse sind für den Sommerbetrieb mit Aufdachanlagen klimatisiert, und im gleichen Verbrauchsumfang kann der Bus auch elektrisch geheizt werden. Damit bleiben vergleichsweise kurze Zeiträume, in denen die Zusatzheizung benötigt wird.

Fahrzeugauswahl und E-Bus-Anteil am Gesamtverkehr

Die Projekterfahrung zeigt, dass die ausgewählten Busse im Fahrgastbetrieb im gesamten Jahr die Einsatzreichweite von 200 km sicher einhalten können, ohne in den kritischen Bereich der Speicherentladung zu kommen. Vereinzelt wurden teilweise Tagesleistungen von 300 km abgefordert und erreicht. Dabei hat sich die KVG – vor dem Hintergrund des technischen Standes von 2016 – für eine Ladekapazität von 230 kWh je Solobus entschieden.

Die Untersuchung der heute gefahrenen Umläufe auf ihre Einsatzdauer beziehungsweise -länge und damit Elektrobustauglichkeit ergibt, dass unter Berücksichtigung des heute am Markt befindlichen Elektrobusangebots 48 konventionelle Fahrzeuge durch E-Busse ersetzt werden können. Konkret strebt die KVG daher die mittelfristige Beschaffung von 45 weiteren Elektrobusen an, was circa 25 Prozent der heutigen Flotte entspricht. Da die Umstellung auf Elektrobusbetrieb in Bad Harzburg derzeit nicht geplant ist, werden die 45 Neufahrzeuge auf die Höfe Salzgitter-Bad, Salzgitter-Lebenstedt, Helmstedt und Wolfenbüttel verteilt. Die Verteilung der Fahrzeuge auf die Höfe erfolgt sukzessive und gleichmäßig, sodass zum Jahr 2023 auf jedem Betriebshof zwölf E-Busse stationiert sind. Mit der Teilumstellung der Flotte auf Elektrobusse erbringt die KVG zukünftig jährlich 2,2 Mio km, also etwa 30 Prozent der Betriebsleistung elektrisch.

Umweltwirkung des Elektrobusseinsatzes

Die KVG hat mit den örtlichen Stromanbietern Verträge über die Lieferung von nachhaltig produziertem Strom abgeschlossen. Wenn die Elektrobusbeschaffung der ersten Phase abgeschlossen ist, wird die KVG jährlich rund 930.000 Liter Kraftstoff weniger verbrennen, was einem CO₂-Äquivalent von etwa 3200 t entspricht. Gleichzeitig wird die Lärm-Emission bezogen auf die einzelnen Busse mit



Foto: KVG Braunschweig

Abb. 2: Salzgitter wird ebenfalls von den E-Bussen bedient.

60 bis 80 Prozent massiv reduziert. Der verbleibende Schall (im Wesentlichen geschwindigkeitsabhängig zwischen 20 und 40 Prozent) wird durch Wind-, Fahr- und Abrollgeräusche verursacht. In Fahrgast- und Bürgerbefragungen im KVG-Gebiet zeigte sich eine extrem hohe Akzeptanz für die neue Technologie.

Neue Infrastruktur für die Betriebshöfe

Neben der Auswahl und Beschaffung geeigneter Fahrzeuge ist die Ausrüstung der Betriebshöfe mit neuer Infrastruktur die wesentliche Aufgabe bei der Einführung von Elektrobusen. Ab einer bestimmten Fahrzeuganzahl gehören neben den Ladegeräten auch die Errichtung eines Trafos und die Erweiterung des Netzanschlusses dazu. Um die Ladesäulen auf dem Betriebshof mit Strom zu versorgen, müssen die Stromanschlüsse aller Betriebshöfe deutlich aufgewertet und mit weiterer Infrastruktur wie einem Trafo verbunden werden. Die Auslegung des „Hausanschlusses“ muss auf die maximale Leistungsentnahme (Spitzenlast) abgestimmt sein.

Die in der Untersuchung von Evakon erstellte energetische Auslegung der Betriebshöfe wird exemplarisch für den Betriebshof in Salzgitter-Lebenstedt aufgezeigt. Auf der Basis von zwei repräsentativen Betriebstagen der Tagesart Mo–Do (Schule) wurden die Umläufe auf die zurückgelegte Entfernung zwischen Ein- und Ausrückzeit sowie auf „Elektrobustauglichkeit“ untersucht. Bei geteilten Diensten wurden zusätzlich Standzeiten tagsüber auf dem Hof mit einbezogen, da die Fahrzeuge in diesen Zeiten nachladen können. Um die Betriebskostenvorteile der Elektrobusse möglichst gut auszunutzen zu können, wurden die Umläufe ausgewählt, die lange Einsatzzeiten haben, beziehungsweise viel Strecke zurücklegen. Abbildung 3 zeigt die heutige Verteilung der Ein- und Ausrückzeiten in Salzgitter-Lebenstedt in der Gesamtheit und nach einzelnen Fahrzeugtypen.

Nach Überprüfung der Umläufe und entsprechendem Einsatz der zwölf Elektrofahrzeuge ergeben sich keine Veränderungen in den Ein- und Ausrückzeiten. Ausgehend von dem am Ende des Betriebstages für die Aufladung erforderlichen Energiebedarf und den heute verwendeten Ladeleistungen wurden die Ladevorgänge auf die zu Verfügung stehenden Ladezeitfenster verteilt. Abbildung 4 zeigt die Lastkurve der exem-

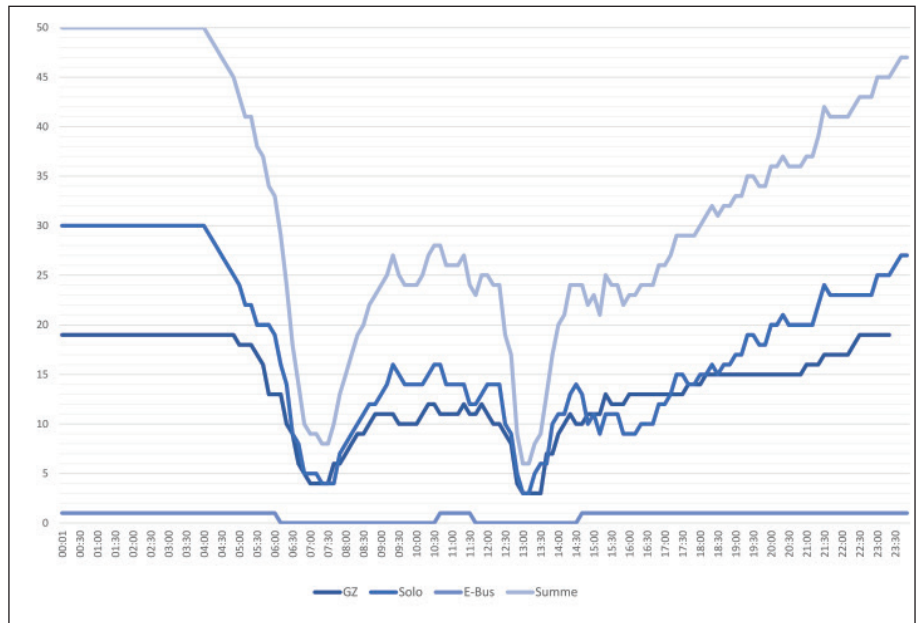


Abb. 3: Anwesende Fahrzeuge Betriebshof Salzgitter-Lebenstedt nach Fahrzeugtyp IST-Stand.

plarischen Verteilung der Ladezeitfenster in Salzgitter-Lebenstedt für den betrachteten Betriebstag. Die Fahrzeuge laden nach dem exemplarisch betrachteten Tag nachts in der Spitze mit knapp 0,4 MW. Für den Netzanschluss wurden Aufschläge für höhere Ladeleistungen oder weitere Fahrzeuge, sowie Leistungsanteile für den Betrieb der Werkstatt und Verwaltung auf dem Betriebshof berücksichtigt, sodass die KVG in Summe mit 1,6 MW an das Mittelspannungsnetz angeschlossen ist und ein Trafo mit 630 kVA auf dem Betriebshof installiert wurde.

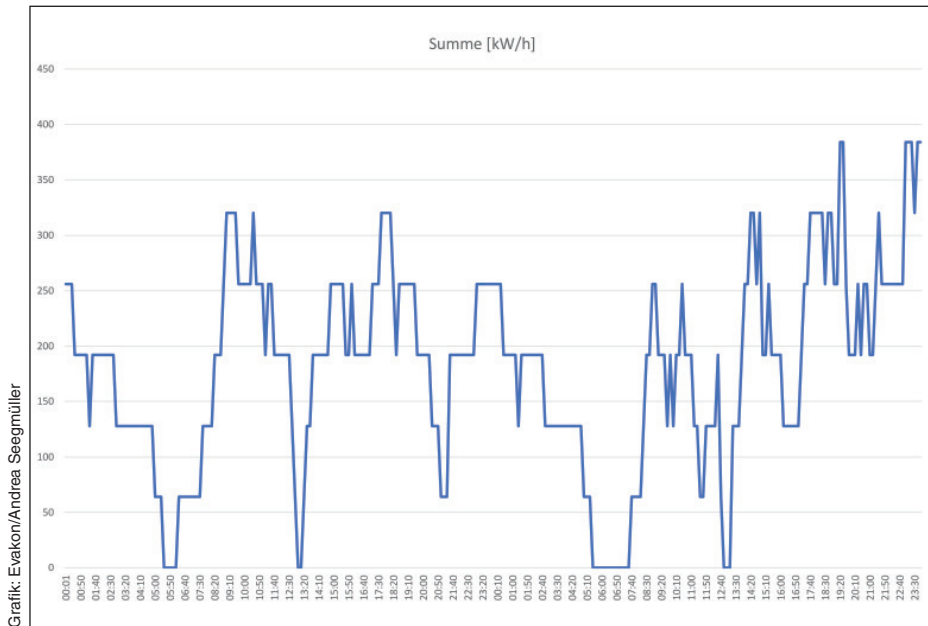
Um mit dem gewählten Netzanschluss langfristig auszukommen und künftig möglicherweise zeitabhängig schwankende Strompreise auszunutzen, wird die KVG bei steigender Fahrzeuganzahl auf den Betriebshöfen ein intelligentes Lademanagementsystem einsetzen. Diese Software, die zur Steuerung der Ladevorgänge für alle Elektrobusse auf einem Betriebshof eingesetzt wird, verfolgt das Ziel, der Bereitstellung jedes Fahrzeuges mit mindestens der benötigten Strommenge für den nächsten Umlauf, unter Berücksichtigung der Gesamtentnahme aus dem Stromnetz und der Energiekosten. Um die betriebliche Flexibilität hoch zu halten, wird sichergestellt, dass ein E-Bus zu jeder Zeit geladen werden kann, also ein Platz mit Anschluss an die Ladeinfrastruktur vorhanden ist. Daher ist eine Variable in der Ausgestaltung der Ladeinfrastruktur die Schnittstelle zwischen dem Elektrobus und dem Ladegerät. Die Schnittstelle muss den Energiefluss sicherstellen und gleichzeitig den Datenaus-

tausch zwischen dem Fahrzeug und dem Ladegerät ermöglichen. Hier sind Hersteller und Verbände aufgerufen, die Normung und Standardisierung voran zu treiben.

Facetten des Betriebes – Fahrzeuginstandhaltung

Nicht nur im Betrieb gibt es Einsatzbeschränkungen für die Elektrobusse. Mindestens in der Einführungsphase sind auch die Einsatzplanung und die Werkstätten durch Ablaufänderungen und neue Anforderungen betroffen. Neben der Schulung von Mitarbeitern in Fahrdienst und Werkstatt wurden etablierte Instandhaltungsprozesse hinterfragt und notwendige Veränderungen definiert. Ein Schwerpunkt der Untersuchung lag auf dem Bereich der Werkstatt. Die Werkstätten der KVG auf allen untersuchten Betriebshöfen führen sämtliche Reparaturen und Instandhaltungstätigkeiten an den Fahrzeugen selbst durch. Nur in Einzelfällen werden Reparaturaufträge an Dienstleister vergeben.

Aufgrund der Notwendigkeit, die sich aus der Verteilung der Busse auf die Höfe und der Unabhängigkeit der Werkstätten ergibt, werden die Hochvolt-Arbeiten auf allen Betriebshöfen stattfinden müssen. Nur Salzgitter-Bad und Lebenstedt nutzen eine gemeinsame Werkstatt für die E-Busse. Neben der Bestellung einer verantwortlichen Elektrofachkraft, die KVG setzt hier zukünftig auf den Werkstattmeister jedes Hofes, müssen die Mitarbeiter der Werkstatt entsprechend ihrer Vorkenntnisse und



Grafik: Evakon/Andrea Seegmüller

Abb. 4: Lastkurve Salzgitter-Lebenstedt.

künftigen Arbeitsgebiete am Elektrofahrzeug qualifiziert werden. Diese Mitarbeiter werden zu Elektrofachkräften für Arbeiten an Bussen mit HV-Systemen ausgebildet. Da die Arbeiten an den HV-Komponenten bei der KVG immer von zwei Personen gemeinsam durchgeführt werden müssen, von denen mindestens einer in Arbeiten an HV-Systemen unterwiesen ist, müssen im Rahmen der Flottenerweiterung proportional zur Beschaffung weiterer Busse weitere Mitarbeiter ausgebildet werden. In Salzgitter-Lebenstedt und Helmstedt sollen jeweils sechs Personen und in Wolfenbüttel mindestens vier Personen qualifiziert werden. Darüber hinaus müssen die gemäß Betriebssicherheitsverordnung und Arbeitsschutzgesetz zu erstellenden Gefährdungsbeurteilungen und Arbeitssicherheitsanweisungen aufgrund der neuen Gefährdungspotentiale der Elektrobusse überarbeitet und angepasst werden. Herauszustellen sind die Gefahren durch HV-Systeme, neue (Werkstatt-)Infrastruktur sowie mangelhafte Qualifizierung und Gefahrenbewusstsein der Mitarbeiter.

Folgende Schwerpunkte wurden durch Evakon für die Umstellung in der Instandhaltung identifiziert:

- Instandhaltungsanforderungen in Bezug auf die Batterie und Antriebskomponenten stimmt die KVG mit dem E-Bushersteller ab. Dabei muss darauf geachtet werden, dass Anforderungen sich am tatsächlichen Bedarf orientieren, damit einerseits Gewährleistungsansprüche,

vor allem bei den Batterien nicht verwirkt werden und andererseits keine übermäßigen Aufwendungen in den Werkstätten entstehen. In der Projektphase haben der Hersteller Sileo und die KVG sehr intensiv zusammengearbeitet, um betrieblich handhabbare Lösungen zu finden, die auch die Standzeiten der Busse und die Arbeitskosten der Werkstatt „im Griff“ behalten. Dieser Prozess ist bis heute nicht abgeschlossen.

- Zur Durchführung der Instandhaltungsanforderungen und Arbeiten an den HV-Komponenten wird geschultes Personal benötigt. Bei der KVG werden die HV-Arbeiten grundsätzlich von zwei Mitarbeitern ausgeführt, davon eine Elektrofachkraft für Arbeiten an Bussen mit HV-Systemen. Bei Arbeitsunfällen kann die zweite Person unmittelbar eingreifen, was bei Stromkontakt besonders wichtig ist, denn mit jeder weiteren Sekunde des Kontaktes werden die bleibenden Schäden schwerwiegender.
- Die notwendigen Arbeitsmaterialien wie Schutzausrüstungen, isoliertes Werkzeug, und Diagnosegeräte sind bereits dreifach beschafft und auf den Höfen vorhanden.
- Installation von Ladesäulen auch im Werkstattbereich, sodass Fahrzeuge geladen werden können, wenn an ihnen Arbeiten außerhalb der HV-Komponenten stattfinden.
- Arbeiten an oder auf dem Fahrzeugdach werden nötig, da die Batterien und die Komponenten zur Steuerung der Leistungselektronik meist dort un-

tergebracht sind. Grundsätzlich sind für diese Arbeiten fest installierte Dacharbeitsstände die geeignete Ausrüstung. Für die Projektphase hat die KVG einen mobilen Dacharbeitsstand beschafft, mit dem bislang alle erforderlichen Arbeiten ausgeführt werden konnten. Um Fahrzeugtausche zwischen den Betriebshöfen zu vermeiden, soll künftig jeder Betriebshof mindestens einen festen Dacharbeitsstand haben, um die Arbeiten vor Ort durchführen zu können.

Aufgrund der vergleichbar zentralen Lage Wolfenbüttels im Verkehrsgebiet der KVG wird zunächst nur dort ein fester Dacharbeitsstand installiert und die Fahrzeuge für Arbeiten am Dach werden dorthin überführt. Damit werden hohe Investitionsaufwände zeitlich verteilt, wobei zusätzliche Arbeitsstände in die künftige Investitionsplanung zu integrieren sind.

Insgesamt kommen die größten Prozessveränderungen im Bereich der Instandhaltung und Reparatur auf die KVG zu. Der bislang bereits verfolgte Weg, alle Mitarbeiter der verschiedenen Arbeitsbereiche so intensiv wie möglich zu schulen, bewahrt größtmögliche Flexibilität im Betrieb und gibt den Mitarbeitern Sicherheit im Umgang mit der neuen Technik.

Gleichzeitig wird Arbeitsunfällen aktiv entgegengewirkt. Die Arbeitsschritte, die die tägliche Fahrzeugversorgung betreffen, führen bei den Fahrpersonalen zu geringfügigen Änderungen im Fahrfertigmachen und Abstellen nach Abschluss des Betriebstages. Einige der beschriebenen Prozessanpassungen werden erst bei einer größeren Anzahl von Elektrobusen notwendig und nur unter Zuhilfenahme einer entsprechenden Technik oder Software umsetzbar.

Betriebswirtschaft

Zur Entscheidung für den Elektrobusseinsatz gehört auch die Einbeziehung einer betriebswirtschaftlichen Betrachtung der mit dem Einsatz verbundenen Mehrkosten. Diese wurde bei der KVG als Kostenvergleichsrechnung auf Basis der Lebenszykluskosten durchgeführt. Die Berechnung der betriebswirtschaftlichen Folgen des Elektrobusseinsatzes erfolgte unter Berücksichtigung der niedersächsischen Förderkulisse. Danach werden E-Busse mit 40 Prozent der Anschaffungskosten bis zu einem Maximalbetrag von rund 400.000 Euro (Solobus) gefördert.

Die faktische Förderquote liegt durch die eingezogene Obergrenze niedriger. Die Berechnungen von Evakon zeigen, dass unter den Einsatzbedingungen der KVG pro Jahr ein Mehraufwand pro Elektrobus in Höhe von rund 3300 Euro entsteht. Dabei stehen spürbar niedrigere Kosten im Betrieb dem deutlich höheren Investitionsaufwand mit seinen Folgekosten entgegen.

In der Gesamtkostenübersicht für den kompletten Betrachtungszeitraum lässt sich die Entwicklung passend vergleichen (Abb. 5). Der Wegfall der Fahrzeugförderung ist gut abzulesen und auch die Gesamtkostendegression der Elektrofahrzeuge, sowie die Annäherung in den Gesamteinsatzkosten wird deutlich. Wenn die prognostizierten Kostensteigerungen beziehungsweise -senkungen in den kommenden Jahren tatsächlich eintreffen werden, nähern sich Diesel- und Elektrofahrzeuge ab dem Jahr 2023 bis zum Ausgleich in den Gesamtkosten an.

Fazit

Drei E-Busse wurden im Dezember 2016 ausgeliefert, im Januar 2017 ausgerüstet und getestet. Parallel fanden die Schulungen statt. Bereits Mitte Februar wurden sie in den Linienbetrieb mit Fahrgästen übernommen. Nach einer sehr kurzen Lernphase fahren die Busse täglich ihre geplanten Kurse mit einer Zuverlässigkeit, die mindestens der der Dieselsebusse entspricht. Probleme, die sich im Einsatz ergaben waren im Wesentlichen auf die in der Projektphase noch nicht optimierte Stromversorgung und auf das Zusammenspiel von Ladegerät und Fahrzeug zurückzuführen. Die gemeinsam durchgeführte Untersuchung des zweijährigen Testbetriebs hat damit gezeigt, dass Elektromobilität mit Bussen in ländlichen Regionen möglich ist.

Die im Markt angebotenen Busse sind zurzeit noch keine echten Serienprodukte;

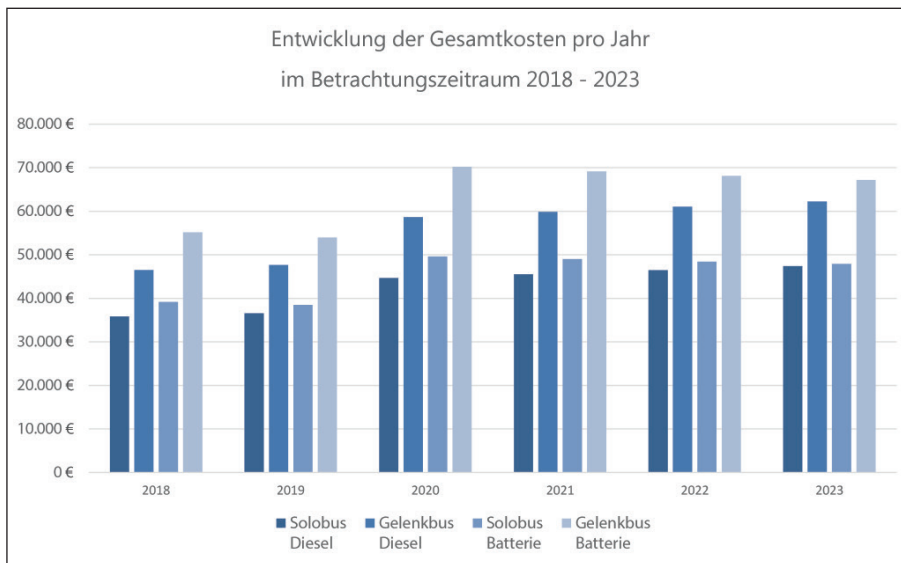


Abb. 5: Gesamtkostenentwicklung im Betrachtungszeitraum bis 2023.

bei der KVG haben sie sich aber als sehr zuverlässig erwiesen. Die aktuell von Sileo sicher dargestellten Reichweiten eröffnen einen Einsatzkorridor, genügen aber nicht immer und überall den Anforderungen im Regionalverkehr. Damit ist eine weitergehende oder gar vollständige Umstellung auf E-Antriebe im Regionalverkehr aus der Projekterfahrung zurzeit nicht realistisch. Der emissionsarme und verbrauchsoptimierte Dieselmotor bleibt eine tragende Stütze ländlicher Busverkehre. Die Fahrzeugindustrie sieht inzwischen im Regionalverkehr mit E-Bussen einen Markt. So wird der Hersteller VDL kurzfristig einen Depotlader in der regionalverkehrsaffinen Low-Entry-Bauweise anbieten. Mit einer Speicherkapazität von 280 kWh ist dieser Bus für ländliche Bedingungen wahrscheinlich gut einsetzbar.

Das Nachtlade-Konzept ist unter den Einsatzbedingungen der KVG auch weiterhin das Vorzugskonzept, da der kostenintensive Aufbau von dezentraler Infrastruktur vermieden wird und gleichzeitige die volle

verkehrsplanerische Flexibilität erhalten bleibt. Ein Zero-Emission-Betrieb wird in der nächsten Zeit nicht darstellbar sein, da die Reichweitenrandbedingung höchste Priorität genießt. Die KVG wird in den nächsten Jahren ihren Verbrauch an fossilen Kraftstoffen um rund 30 Prozent senken und sieht sich damit im Einklang mit den Klimaschutzziele. Für die Fahrgäste wird der ÖPNV dadurch schadstoffärmer und vor allem auch spürbar leiser.

Um die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen des E-Bus-Betriebes sicher über die gesamte Nutzungsdauer der Busse abschätzen zu können, reicht die zweijährige Testphase nicht aus. E-Busse sind für die KVG mit Mehrkosten von rund 3300 Euro pro Bus und Jahr verbunden. Zentrale Frage der Instandhaltungskosten wird die Haltbarkeit des Hauptspeichers sein. Es gibt aber zurzeit keine Hinweise aus der betrieblichen Praxis, die darauf hindeuten, dass die von Sileo in Aussicht gestellte Haltbarkeit der Speicherzellen nicht eingehalten wird.

Grafik: Evakon/Andrea Seegmüller

Zusammenfassung/Summary

Elektrobusse auch im Regionalverkehr?

Die KVG-Braunschweig hat 2016 drei Elektrobusse gekauft und in Betrieb genommen. Evakon hatte den Auftrag, die betrieblichen Erfahrungen mit den E-Bussen auszuwerten und die Einsatzmöglichkeiten in einem eher von Regionalverkehr dominierten Unternehmen zu prüfen. Die Untersuchung zeigte, dass es einen Einsatzbereich für E-Busse mit Depotladung auch im eher ländlichen Gebiet gibt. Die KVG kann rund 25 Prozent ihrer Busse elektrisch betreiben. Betrieblich wurden die neuen Busse in die Organisation bei der KVG integriert. Sie zeichnen sich durch hohe Zuverlässigkeit aus.

E-busses even in the regional transport?

In 2016, three electric busses were bought and put into operation by the public transport company KVG Braunschweig. Service provider Evakon received the order to evaluate the operational experiences of the e-buses as well as to verify the fields of application in a company rather dominated by regional transport. The verification has revealed that for e-buses with depot charging there is an application area in even more rural areas. KVG Braunschweig is able to operate about 25% of their busses by electricity. The new busses have operationally been integrated into the KVG organization and present the characteristics of high reliability.