

Der smarte Migrationspfad

Ausblick auf die Einführung der E-Bus-Technologie in den ÖPNV

Dipl.-Ing. Martin Schmitz, Köln

Der Wandel hin zu emissionsfreier Mobilität erfordert für die Bereiche Energie, Betrieb und möglicherweise auch bei der Mobilität selbst neue Konzepte. Diese Erkenntnis speist sich aus dem Wissen um die hohe Energiedichte und der vergleichsweise „leichten“ Handhabbarkeit von erdölbasierenden Kraftstoffen, wie Diesel und Benzin – und verlangt einen Kraftakt von den Verkehrsunternehmen. Hinzu kommt zum einen, dass im Migrationsprozess eine doppelte Infrastruktur aufgebaut wird. Zum anderen verursacht die Umstellung auf neue Energieträger und deren Bereitstellung hohe Investitionskosten.

Eingedenk dieser Rahmenbedingungen müssen sich Politik und Wirtschaft auf einen durchdachten Transformationsprozess verständigen, um neue Geschäftsmodelle im Land aufzubauen: Neue Konzepte, neue Angebote und Produkte können das Klima schützen, den Wirtschaftsstandort stärken und unseren Wohlstand steigern.

Da es sich bei dem Wandel hin zur Nutzung regenerativ erzeugter Energien um eine weltweite Entwicklung handelt, erscheint es wichtig, dass nicht nur die umweltpolitischen Absichten gesehen, sondern auch volks- und betriebswirtschaftliche Ziele berücksichtigt werden. Für diesen Wandel sind 30 Jahre bis ins Jahr 2050 vorgesehen, sodass die Transformation und der Aufbau einer europäischen und technologisch führenden Industrie erfolgen kann (Abb. 1).

Batterie, Wasserstoff oder synthetische Kraftstoffe – wem gehört die Zukunft?

Die Antwort wird wahrscheinlich sein: Allen gehört die Zukunft, denn jeder Kraftstoff hat Vorteile und könnte daher im Verkehrssektor zum Einsatz kommen: Als ein Vorzug sei hier beispielsweise die schnelle Betankungszeit mit Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen zu nennen, die insbesondere bei Bussen mit einer hohen täglichen Laufleistung von Vorteil

sind. Nachteilig sind hingegen die zwei bis vierfach höheren Wirkungsgradverluste im Vergleich zum Batterieantrieb. Diese Ineffizienzen werden sich in Zukunft gewiss preislich auswirken, sodass ein Abwägen von Eigenschaften und Nutzungsanforderungen nötig ist.

Nachdem seit dem Jahr 2000 erste Brennstoffzellenbusse erfolgreich entwickelt und getestet wurden, zeigte der Trend im zweiten Jahrzehnt hin zu batteriebetriebenen Bussen. Hierzu hat die Eigenschaft der Lithium-Ionen-Batterie, im Massenmarkt eingesetzt werden zu können, entscheidend beigetragen. Weiterhin wird bei der Diskussion zur Luftreinhaltung der Einsatz von lokal emissionsfreien Fahrzeugen gefordert. Gerade im städtischen Einsatzbereich können Batteriebusse mit Reichweiten von 150 bis 250 km heute schon auf rund ein Drittel der Linienumläufe eingesetzt werden. Beim Aufladen unterwegs (opportunity charging) werden bereits hoch belastete Linien unter anderem in Köln, Eindhoven,

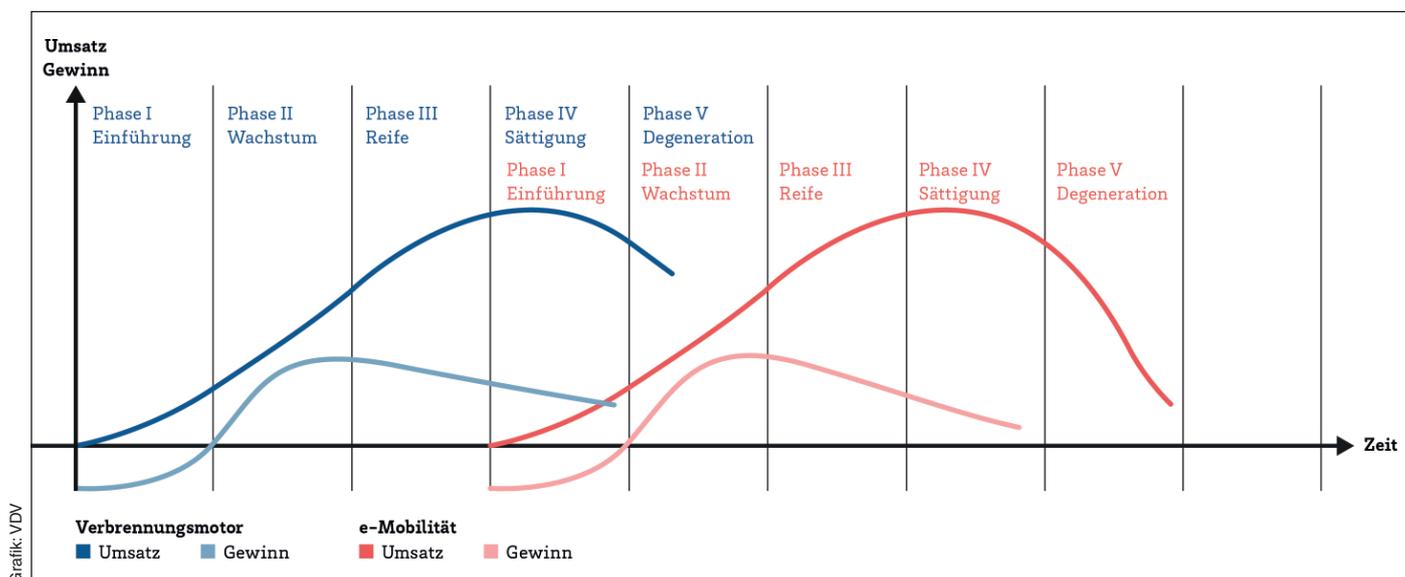


Abb. 1: Darstellung von Produktzyklen und der Notwendigkeit der Investitionen in neue Produkte.

Maastricht und Amsterdam bedient. In der Diskussion wird dabei oft der Trolleybus als erprobtes und effizientes Verkehrsmittel vergessen: So bietet die Zuführung der Energie über die Oberleitung und zur Erhöhung der Flexibilität – ergänzt um eine Traktionsbatterie – gerade für starkfrequentierte und beanspruchte Linien eine interessante Alternative. Man denke zum Beispiel an Strecken mit Steigungen oder mit einer hohen Nachfrage nach Großraumfahrzeugen (Abb. 2).

Entwicklung der Batterie

Eine hohe Energiedichte ist für Mobilitätsanforderungen entscheidend, wenn eine ausreichende Transportkapazität erzielt werden soll. Betrachtet man die Entwicklung der letzten sieben Jahre, ist die Entwicklung der Lithium-Ionen-Batterie beeindruckend. Bei der Planung des ersten 9-km-Rundkurses eines Batteriebusses wurden noch drei Zwischenladestationen eingeplant. Verbesserungen bei der Leistungsdichte und bei der Ausnutzung der Kapazitäten führten zu Energiedichten von heute etwa 50 bis 100 Wh/kg – mit garantierten Reichweiten zwischen 150 km und 250 km. Die kommende Batteriegeneration für Busse wird eine Energiedichte von rund 150 Wh/kg aufweisen und bereits für 2021 sind Batterien mit über 200 Wh/kg angekündigt. Damit dürften in naher Zukunft garantierte Reichweiten von über 300 km mit Batteriesystemkapazitäten von 600 kWh oder mehr, je nach Fahrzeuggröße, darstellbar sein. Derart ausgestattet ließen sich mehr als zwei Drittel der innerstädtischen Umläufe bedienen.

Die Steigerung der Energiedichte ist unter anderem durch Verbesserungen bei Aufbau und Kühlung und durch die erhöhte Parallelschaltung von Batteriezellen möglich. Dieses Aufbaukonzept der Batteriepacks bietet auch einen höheren Wirkungsgrad und eine höhere Zuverlässigkeit, da der Ausfall einer Zelle kaum ins Gewicht fällt und der Betrieb des Fahrzeuges nicht beeinträchtigt wird. Auch unter brandtechnischen Gesichtspunkten ist der Trend hin zu kleineren Zellen vorteilhaft: Denn je geringer die Brandlast einer Zelle ist, desto geringer ist das Risiko einer Brandausbreitung.

Diese Entwicklung erschließt das Potenzial, große Batterien in Fahrzeugen anzuwenden. Durch eine Nutzung der Batterie im optimalen Betriebsbereich kann eine längere Lebenszeit erreicht werden, indem



Zum Autor

Dipl.-Ing. Martin Schmitz (44) ist seit September 2012 Geschäftsführer Technik des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV). Er hat Allgemeine Elektrotechnik an der TU Darmstadt und an der Ecole Nationale de l'Aviation Civil in Toulouse studiert. Von 1998 bis 2012 war Schmitz bei der Vossloh Kiepe GmbH tätig, zuletzt als Mitglied der Geschäftsleitung.

man die Batterien nicht bis zum Anschlag vollladen und diese „leer“ fahren muss. Bleibt man im Ladezustand zwischen etwa 20 bis 80 Prozent, schont das die Batterie und sie hält deutlich länger. Kleine Batterien werden hingegen durch die häufigen hohen und niedrigen Ladestände schneller an Kapazität verlieren. Insbesondere für eine weitere Nutzung der Batterien für stationäre „Second-Live-Anwendungen“ wird sich bei einem Wiederverkauf der erreichte Grad des Alterungsprozesses bemerkbar machen.

Neue Batterien werden von verschiedenen Herstellern für das Jahr 2020 angekündigt. So stieg Volkswagen mit seinem schwedischen Partner Northvolt in den Bau von eigenen Batteriezellen ein und eröffnete in diesem Jahr eine Probeproduktion in Salzgitter. Tesla kündigt den Bau einer Gigafabrik in Brandenburg an. Webasto, Akasol, BMZ und CATL bereiten, neben anderen, ihre Fertigung vor oder stellen ihre Batterien in Deutschland her.

Parallel schreitet die Forschung an Lithium-Polymer-Batterien und an Lithi-

um-Schwefel-Batterien voran. Hierbei werden Energiedichten von 350 Wh/kg erwartet. Im Labor wird an der Konzeption von Zinn-Schwefel-Lithium-Batterien gearbeitet, welche eine Energiedichte von 1100 Wh/kg bieten soll. Wenn diese sich wirtschaftlich herstellen ließen, wäre das Thema Reichweite gelöst, da sich die Energiedichte und die Reichweite um den

11. VDV-E-Bus-Konferenz in Berlin

Die Themen Batterie, Second-Life-Nutzung, Ladeinfrastruktur und Recycling sind Schwerpunkte der 11. VDV-Elektrobuskonferenz am 4./5. Februar 2020 in Berlin. Erfahrungsberichte, Vorstellungen aus der Forschung und der industriellen Entwicklung bieten den Anlass, sich mit Fachleuten und Erfahrungsträgern im Rahmen der Fachausstellung auszutauschen und eigene Konzepte für den eigenen Migrationspfad zu entwickeln. Die Leser/innen sind eingeladen, die Chance zu nutzen, sich bei Europas größter Elektrobus-Fachkonferenz einzubringen, von den Erfahrungen anderer E-Bus-Betreiber zu lernen und in der Ausstellung die neuesten Technologien bewerten zu können.

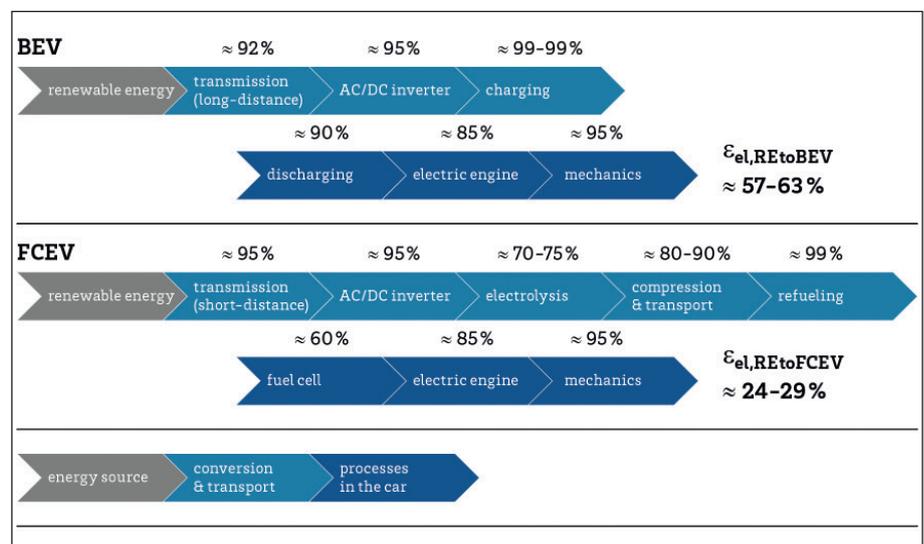


Abb. 2: Elektrische Effizienzketten. BEV = battery electric vehicle, FCEV = fuel cell electric vehicle.

Grafik: VDV auf Basis der Universität Hannover

Grafik: VDV in Anlehnung an Fraunhofer Institut

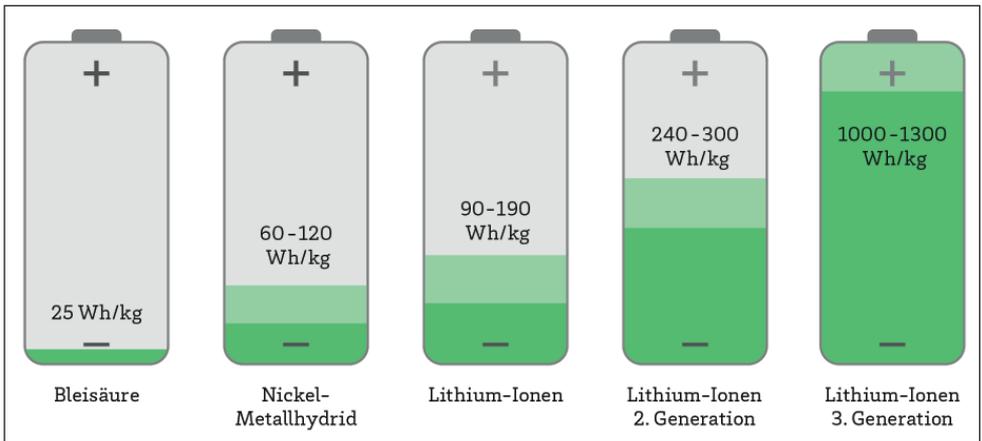


Abb. 3: Entwicklung der Energiedichte von Batterien pro Kilogramm Batterie bis 2030.

Faktor zehn gegenüber heute erhöhen würden. Diese Technologie könnte 2030 marktreif werden und ist vorerst Zukunftsmusik.

Die Forschung arbeitet zudem an der Recyclingfähigkeit von Batterien. Diese besteht zwar schon heute, ist aber aufgrund der geringen Anzahl von zur Wiederverwendung zur Verfügung gestellten Traktionsbatterien noch nicht wirtschaftlich und damit stark ausbaufähig. Studien wie die des Öko-Institutes Darmstadt (2017) belegen, dass Recyclingquoten für Kobalt und Nickel bei zirka 95 Prozent liegen. Die Rückgewinnung des Lithiums muss hingegen noch deutlich optimiert werden (Abb. 3).

Ausblick

Die Entwicklung der Energiedichte von Batterien schreitet kontinuierlich voran und verspricht, ab 2030 die Anforderungen an Reichweiten für den kompletten Busbetrieb zu erfüllen. Damit geht der technologische Fortschritt einher mit

den klimapolitischen Anforderungen. Für die in der Clean-Vehicles-Richtlinie geforderte Beschaffungsquote ab 2021 stünden schon gegenüber heute deutlich verbesserte Batterien mit deutlich höheren Reichweiten zur Verfügung. Die Erhöhung der zweiten Quote in 2026 kommt jedoch nach heutigem Stand der Entwicklung vier Jahre zu früh. Eine Anpassung der Richtlinie in Hinblick auf den Zeitpunkt der Quotenerhöhung sollte unbedingt erfolgen.

Da der öffentliche Verkehr bereits rund 30 Prozent der CO₂-Einsparung im eigenen Sektor erreicht hat, können die fehlenden zehn Prozent durch eine Erneuerung der Fahrzeugflotte und einer damit einhergehenden Effizienzsteigerung erreicht werden. Der in der Clean-Vehicles-Richtlinie geforderte Markthochlauf der E-Busse, insbesondere zu Beginn in städtischen Bereichen, wird den Umweltvorteil des ÖPNV weiter ausbauen. Die Linienumläufe können in den nächsten Jahren mit jeder Generation entsprechend der möglichen Reichweiten erweitert werden.

Unabhängig davon sind der Umbau der Depots, der Aufbau der Ladeinfrastruktur und die Weiterentwicklung der Leit- und Dispositionssoftware notwendig. Die technologischen Lösungen müssen intelligent eingesetzt werden und der Transformationsprozess finanziell durch Förderprogramme, die alle in der CVD benannten Technologien umfassen, und Steuererleichterungen – zum Beispiel EEG-Umlage und Absenkung der Stromsteuer – politisch begleitet werden.

Korrektur: SWEG statt DB
 In der Ausgabe 11/2019 ist der Redaktion bei einer Bildlegende ein Irrtum unterlaufen. Auf Seite 32 handelt es sich nicht um DB-Fahrzeuge, sondern um solche der SWEG, die sie der DB für den Verkehr auf der Bodenseegürtelbahn zur Verfügung stellt. Der Irrtum belegt die Kernaussage, dass das Erscheinungsbild der SPNV-Fahrzeuge durch die Aufgabenträger vielfach so vereinheitlicht ist, dass nicht mehr leicht erkennbar ist, welches EVU sie fährt.
Redaktion

Zusammenfassung/Summary

Der smarte Migrationspfad
 Die umweltpolitischen Anforderungen – nicht nur ausgehend von der clean vehicle directive – an die künftige Mobilität haben bei den Verkehrsunternehmen einen erheblichen Wandel in den Bereichen Energie, Betrieb und Mobilität zur Folge. Insbesondere den batteriebetriebenen E-Bussen kommt künftig eine Schlüsselrolle zu. Da sich die Batterietechnik absehbar weiterentwickeln wird, nehmen die garantierte Reichweite und damit die Einsatzfähigkeit des E-Busses, ausgehend von den Städten, zu. Im Einsatzmix mit Wasserstoffantrieben oder mit synthetischen Kraftstoffen werden sie die heutigen fossilen Kraftstoffe schrittweise verdrängen. Auf die Unternehmen kommen dabei erhebliche Kosten für den Fuhrpark und die Infrastruktur zu. Sie sind bereit, sich der Herausforderung zu stellen – allerdings ist die Politik noch gefragt, den Wandel mit Steuererleichterungen – mit Blick auf die EEG-Umlage oder die Stromsteuer – und mit einer sachgerechten Förderkulisse positiv zu begleiten.

Smart migration path
 Due to the environmental requirements for the future mobility, which do not only come from the Clean Vehicles Directive, the public transport companies experience considerable changes in the fields of energy, operation and mobility. Especially battery-electric buses will gain in importance. The battery technology is being further developed so that the guaranteed range of electric buses – and thus their availability – will increase in the cities. Together with buses with hydrogen drives and buses powered by synthetic fuels the battery-electric buses are going to gradually replace the present diesel-powered buses. Consequently, the public transport companies will be faced with considerable costs for their bus fleets and the infrastructure. They are ready to meet this challenge, but in view of the levies specified in the German Renewable Energy Sources Act and the German Electricity Tax Act they need political incentives with positive influence on the transition, e.g. tax reliefs.