E-Bus-Markt in Bewegung

Fahrzeughersteller, Zulieferer und Verkehrsbetriebe haben in den letzten Jahren eifrig am Elektrobus entwickelt und immer wieder neue Fahrzeugvarianten erprobt. Jetzt sieht es so aus, als stünde der Elektrische endgültig vor dem Durchbruch. Ein Anzeichen dafür: Auch die Platzhirsche Daimler und MAN mischen endlich mit.

Von Reinhard Huschke | **Fotos:** Daimler, Solaris, Hersteller

Dass sich etwas tut, zeigte die 10. Elektrobus-Konferenz des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), die Anfang Februar in Berlin stattfand. Die „ElekBu 2019“ zog über 600 Teilnehmer aus Verkehrsbetrieben und Industrie an — zur ersten Ausgabe im Jahr 2010 waren noch wenig mehr als 100 gekommen. Dem umtriebigen Initiator der Veranstaltung, Adolf Müller-Hellmann, ist es binnen einer Dekade gelungen, aus Verkehrsbetrieben, Fahrzeug- und Komponentenherstellern eine zielstrebige Community zu schmieden, um die — damals noch utopisch erscheinende — Idee eines von Batterien gespeisten Busses mit elektrischem Antrieb voranzubringen (siehe Interview auf Seite 63).

Inzwischen sind nicht nur die Verkehrsbetriebe von Metropolen wie Hamburg und Berlin, sondern auch mittelgroße Städte wie Flensburg, Mainz und Osnabrück dabei, E-Busse auf die Straße zu bringen. Den letz-

ten Schub hierfür gab die Politik, die in Folge des Dieselskandals und der folgenden Grenzwertdiskussionen ein üppiges Förderprogramm aufgelegt hat, das die Mehrkosten von E-Bussen mit bis zu 80 Prozent und die Ladeinfrastruktur mit bis zu 40 Prozent fördert. Damit könnten in den nächsten Jahren rund 1.000 E-Busse auf die Straße kommen. Zum Vergleich: Bisher sind in Deutschland erst rund 100 der 35.000 im Stadtlinienverkehr eingesetzten Busse rein elektrisch unterwegs.

Denn ohne Förderung geht es (noch) nicht. Ein Elektrobus nach derzeitigem Standard kostet das Zwei- bis Zweieinhalbfache eines Dieselbusses nach aktueller Euro-6-Abgasnorm. Und mit der Anschaffung der Fahrzeuge allein ist es nicht getan: Hinzu kommt die ebenfalls nicht billige Ladeinfrastruktur, außerdem müssen die betrieblichen Abläufe angepasst werden. All das kostet viel Geld, das die notorisch klammen Verkehrsbetriebe nicht haben.

Für die schnelle Energiezufuhr unterwegs bevorzugen die meisten Verkehrsbetriebe das Laden mittels Pantographen.

Die Karosserien der meisten aktuellen Elektrobusmodelle basieren auf dem Dieselbus und wurden nur neu „bestückt".

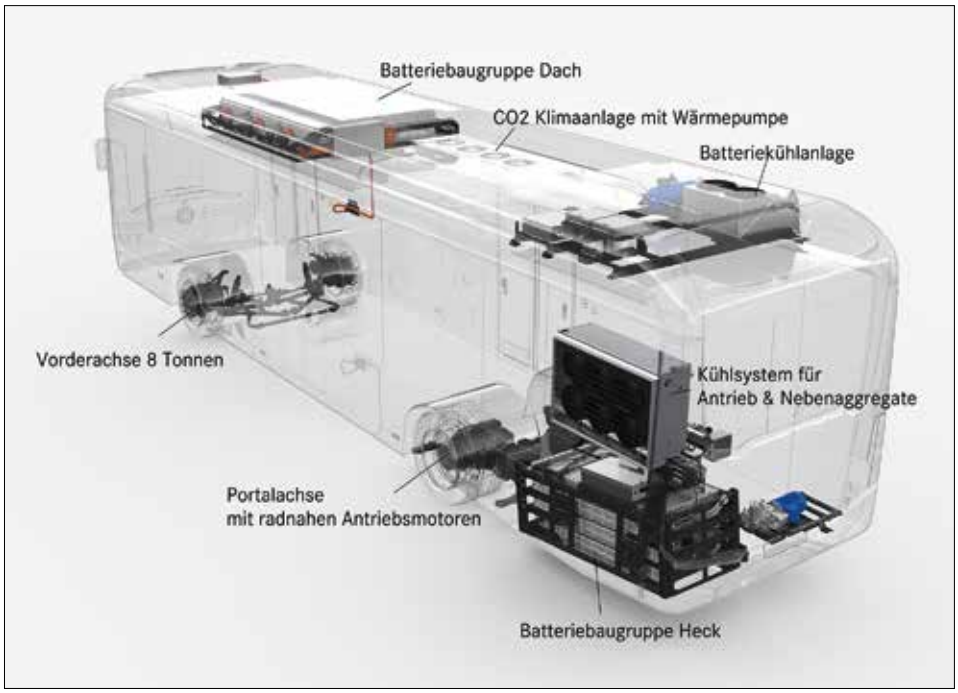
Die Großen steigen ein

Nach wie vor sind Modellangebot und Lieferkapazitäten der Hersteller beschränkt. Die meisten Fahrzeuge hierzulande kamen bisher von kleineren Anbietern wie Solaris (Polen/Spanien), VDL (Niederlande), Van Hool (Belgien) oder Sileo (Deutschland/Türkei). Die hiesigen Platzhirsche im Bus-Sektor, Daimler und MAN, übten sich lange Zeit in Zurückhaltung — aber nun haben sie mit dem „eCitaro" und dem „Lion's City E" ihre ersten Modelle vorgestellt. Die Verkehrsbetriebe interpretieren dies wiederum als Signal, dass der Elektrobus endgültig zu einem ernst zu nehmenden Produkt gereift ist. Der eCitaro sammelt zur Zeit in Mannheim und Heidelberg erste Erfahrungen im praktischen Betrieb, weitere Exemplare gehen in den kommenden Monaten an die Berliner Verkehrsbetriebe (auch der auf der ElekBu ausgestellte Bus präsentierte sich schon im charakteristischen Berliner Gelb). Der Lion's City E wird hingegen erst Ende 2020 verfügbar sein. Auf der ElekBu 2019 waren außerdem Fahrzeuge der europäischen Hersteller Iveco-Heuliez, Ebusco und Irizar sowie ein von verschiedenen Fahrzeug- und Komponentenherstellern gemeinsam entwickeltes Demonstrationsfahrzeug namens „ColumBus" zu sehen.

Die Elektrobus-Konferenz mit angeschlossener Ausstellung „ElekBu 2019" wurde von mehr als 600 Fachleuten aus Industrie und Verkehrsbetrieben besucht. (Foto: Markus Bollen)

Wer Elektrobusse kaufen will, könnte natürlich auch in China auf Shoppingtour gehen, denn dort sind sie schon Alltag: 99 Prozent der geschätzt 400.000 weltweit eingesetzten Busse mit elektrischen Antrieben sind auf chinesischen Straßen unterweges — allein in der Millionenmetropole Shenzhen rund 17.000. Doch die deutschen Verkehrsbetriebe fremdeln noch mit der Chinaware. Kritisiert werden vor allem die Verarbeitungsqualität und die teilweise minderwertigen Materialien der Karosserie (Anmerkung eines Konferenzbesuchers: „Schon der Geruch!"). Auch beim Service ist man hierzulande skeptisch, solange chinesische Hersteller keine deutschen Niederlassungen unterhalten. In anderen europäischen Ländern

Die Karosserie des eCitaro wurde von der Dieselvariante übernommen.



Die Batteriemodule wurden auf dem Dach sowie im ehemaligen Motorturm untergebracht.

sieht man das hingegen nicht so eng — so fahren schon länger E-Busse des chinesischen Herstellers BYD in London, darunter auch erste elektrische Doppeldecker. Auf der ElekBu 2019 war BYD mit einem Kleinbus vertreten, der jedoch erkennbar weniger im Fokus des Besucherinteresses stand als andere ausgestellte Fahrzeuge.

Andererseits ist auch die Herkunft der Busse made in Europe längst nicht mehr so eindeutig, wie sie scheint. So werden die Fahrzeuge des niederländischen Herstellers Ebusco zwar nach europäischen Standards mit finnischem Stahlaufbau und deutschem Antrieb ausgerüstet, aber von einem australischen Partner in China gefertigt. Auch der im spanischen Baskenland beheimatete Hersteller Irizar unterhält nach eigener Angabe Produktionsstandorte in Marokko, Brasilien, Südafrika und Mexiko. Umgekehrt beginnen die Chinesen, Produktionsstätten in Europa zu errichten. Nach einem ersten Montagewerk in Ungarn eröffnete BYD kürzlich ein weiteres im französischen Beauvais.

Schwerer Kopf, volles Heck

Und wie präsentieren sich die Elektrischen aus Fahrgastperspektive? Von außen springen gleich die hohen Dachaufbauten ins Auge, in denen sich Batteriepacks und sonstige technische Aggregate verbergen. Mit rund 3,50 Metern sind die etwas kopflastig wirkenden Fahrzeuge bis zu einem halben Meter höher als übliche Dieselbusse, Dieselvarianten, was die Einfahrt in vorhandene Betriebshöfe erschweren und auch bei manch älterer, niedriger Brücke zum Problem werden könnte. Weitere Batteriemodule verbergen sich in der Regel im Heck, was zu unschönen Einbauschränken und Podesten führt. So hat Mercedes beim eCitaro den Motorturm der Dieselvariante beibehalten und neu mit Inhalt gefüllt, beim Solaris Urbino electric ist das Heck sogar fast komplett zugebaut. Andere Hersteller kommen mit mehr oder weniger hohen Podesten für die Rücksitze aus, die allenfalls Schulkindern als Kletterlandschaften gefallen dürften. Völlig freie Sicht nach hinten bietet hingegen der Schweizer Busbauer Hess: Da seine Batteriebusse konstruktiv nicht vom Diesel-, sondern vom Trolleybus abstammen, war das Busdach laut Hersteller ausreichend tragfähig gewesen, um sämtliche Batteriepacks oben unterzubringen.

Ausgelegt ist die aktuelle E-Bus-Generation für Betriebsreichweiten von 150 bis 250 Kilometern. Der eCitaro bietet in der Maximalausstattung mit zehn Batteriemodulen eine Kapazität von 243 Kilowattstunden, verbaut sind NMC-Akkus des Darmstädter Herstellers Akasol. Der Lion's City E — der bereits zur zweiten E-Bus-Generation von 2020 gehört — soll mit Batterien aus VW-Eigenentwicklung ausgerüstet werden, die mit 480 Kilowattstunden bis zu 270 Kilometer erreichen sollen. Im Übrigen verkünden die Hersteller unisono, dass die jetzt präsentierten Busse Serienfahrzeuge seien, was die Fachleute aus den

MAN - einer der Platzhirsche im Bus-Sektor - übte sich lange Zeit in Zurückhaltung. Mit dem „Lion's City E" haben Sie nun ihr erstes Modell vorgestellt.

(Foto: Markus Bollen)

(Foto: Markus Bollen)

Dr.-Ing. Adolf Müller-Hellmann (75) ist Honorarprofessor am Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe (ISEA) der RWTH Aachen und war zehn Jahre lang Hauptgeschäftsführer des VDV. Im Jahr 2010 initiierte er die erste Elektrobuskonferenz.

Interview mit Dr.-Ing. Müller-Hellmann

„ Wir brauchen selbstladefähige Elektrobusse “

Elektroautomobil: Herr Professor Müller-Hellmann, bei Ihrer ersten Elektrobus-Konferenz war der E-Bus noch ein utopisches Projekt. Wo stehen wir heute?

Müller-Hellmann: Bei der Entwicklung der technischen Komponenten sind wir inzwischen sehr gut vorangekommen, allerdings sind noch nicht alle technischen Standards verfügbar. In vielen Punkten sind wir nicht mehr im Prototypen-, aber immer noch in einem Vorserienstadium. Sowohl in der Industrie als auch bei den Verkehrsunternehmen gibt es viel Engagement, um die Entwicklung weiter voranzutreiben. Sehr dankbar bin ich auch dafür, dass es von Seiten der Politik jetzt viel Unterstützung gibt.

Haben Sie auf der aktuellen ElekBu besondere Innovationen entdeckt? Und welche würden Sie künftig gern sehen?

Es gab für mich nichts Unerwartetes, aber sehr gute Weiterentwicklungen. Wegkommen müssen wir allerdings von Fahrzeugkonzepten, die auf umgebauten Dieselbussen basieren. Außerdem brauchen wir selbstladefähige Elektrobusse, die mit mit konstanter, genormter Gleichspannung laden können, und zwar mit der Leistung, für die ihre Batterien ausgelegt sind. Der Wechselrichter im Bus, der beim Laden im Stand nicht benötigt wird, könnte dabei die Laderegelung übernehmen, externe Ladegeräte würden dann nicht mehr benötigt. Heute muss die Ladeinfrastruktur noch auf den Bus abgestimmt werden und umgekehrt. Selbstladefähige Elektrobusse könnten dagegen, wie der Dieselbus, in jeder Stadt betrieben werden.

Zeichnet sich bei den Ladestrategien – Übernachtladen im Depot vs. Unterwegsladen – schon ein Trend ab?

Zum jetzigen Zeitpunkt werden im Winterbetrieb mit elektrischer Heizung sichere Fahrleistungen von 150 Kilometern erreicht. Für längere Umläufe muss also unterwegs nachgeladen werden. Mit zunehmenden Energie- und Leistungsdichten der Batterien steigen die Reichweiten, andererseits aber auch die möglichen Ladeleistungen, sodass man auch während der Betriebszeit sehr schnell laden kann. Beide Varianten haben also durchaus Zukunft.

Der Bau von Schnellladestationen an der Strecke ist aufwendig und teuer. Wenn das Depotladen eines Tages auch für längere Umläufe ausreicht, was spricht dann noch für die Unterwegs-Variante?

Die Ladung über Nacht reicht in der Regel gerade so, damit die Busse das Tagespensum fahren können. Es dürfen aber keine größeren Störungen auftreten, damit die Busse den Betriebshof auch sicher wieder erreichen. Durch das Unterwegsladen gewinnt man deutlich an betrieblicher Stabilität, da die Batterien, um eine hohe Lebensdauer zu erreichen, zwischen zwei Ladevorgängen nur mit einem Ladehub von ca. 20 bis 30 Prozent betrieben werden. Im Störungsfall steht daher genügend Energie zum Weiterbetrieb des Busses zur Verfügung. Von Vorteil kann auch sein, dass dann im Betriebshof weniger Energie zur Verfügung gestellt werden muss.

Auch beim Unterwegsladen gab es zwei Technologieansätze: das induktive Laden und das konduktive Laden über Pantographen. Gibt es hier eine Vorentscheidung?

Das induktive Laden wird sich nicht durchsetzen können, da die Kosten in Relation zu den Pantographen- und Depotlösungen wegen der umfangreichen Erdarbeiten und der geringeren Energieeffizienz deutlich höher sind.

Es gibt auch Verkehrsunternehmen, die auf andere Antriebsformen setzen, z.B. den Brennstoffzellenbus. Was halten Sie davon?

Die Energieeffizienz des Brennstoffzellenbusses ist gegenüber dem Batteriebus um den Faktor 2 bis 3 niedriger. Grund ist der zweifache Wechsel des Energieträgers — vom regenerativ erzeugten Strom per Elektrolyse zum Wasserstoff und dann über die Brennstoffzelle zurück zum Strom, wobei insbesondere der Wirkungsgrad der Elektrolyse relativ gering ist. Gerade wir vom ÖPNV sind gehalten, keine Energie zu verschwenden. Auch das Argument mit den Stromüberschüssen aus erneuerbaren Energien stimmt nicht mehr, wenn die Elektromobilität sich durchsetzt. Dann werden wir jede Kilowattstunde brauchen.

Batteriebusse sind derzeit noch doppelt so teuer wie Dieselbusse. Wie sehen Sie hier die Entwicklung?

Beim ÖPNV sind wir immer darauf angewiesen, dass andere die Economy of Scale für uns machen, also für die nötigen Stückzahlen sorgen, damit eine Technologie bezahlbar wird. Auch für den Dieselbus hat man keine eigenen Motoren entwickelt, sondern Lkw-Motoren adaptiert. So wird es auch beim Elektrobus sein: Wir müssen uns letztlich an den Hochlauf des Pkw- und Nutzfahrzeugsektors dranhängen. ■

Verkehrsbetrieben noch skeptisch sehen. So rechnet VDV-Präsident Ingo Wortmann mit „echten“ Solobus-Serienfahrzeugen erst Anfang der 20er-Jahre, bei Gelenkbussen sei die Serienreife noch nicht absehbar. Immerhin wurden in Köln und Braunschweig schon Diesel-nahe Verfügbarkeitsquoten von über 90 Prozent erreicht, was zur Hoffnung Anlass gibt. (In dem in elektroautomobil 02/18 erwähnten Berliner Testbetrieb waren es noch 74 Prozent.)

Reichweiten und Ladestrategien

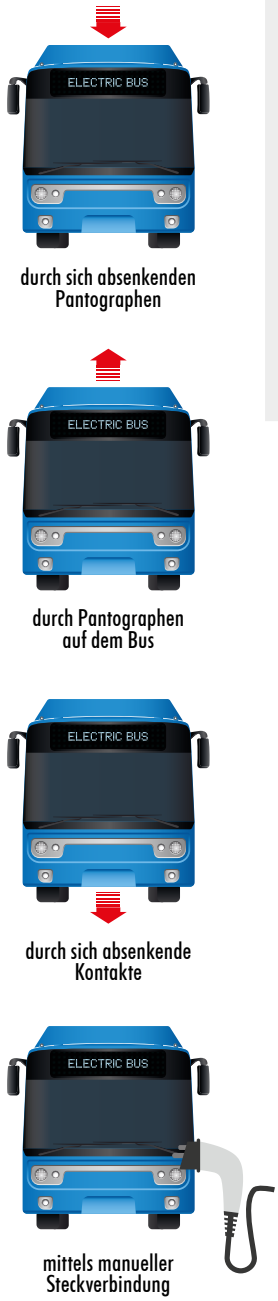
Mit den aktuellen Batterien lassen sich unter Alltagsbedingungen — mit eingeschalteter Klimaanlage oder Heizung — mindestens 150 Kilometer ohne Zwischenladung zurücklegen, was für etwa ein Drittel der Busumläufe in einer Großstadt ausreicht. Die nächste Batteriegeneration ab 2020 soll dann eine garantierte Reichweite von mindestens 200 Kilometern ermöglichen. Um dies zu erreichen, soll beispielsweise die nächste eCitaro-Serie eine um 30 Prozent erhöhte Akkukapazität bieten. Alternativ soll es den eCitaro dann auch mit Lithium-Polymer-Feststoffbatterien aus dem Hause Bolloré oder einer Brennstoffzelle als Range-Extender geben. Eine weitere Strategie, um höhere Reichweiten zu ermöglichen, heißt Leichtbau: Um die zwei bis drei Tonnen Gewicht der Batteriemodule zu kompensieren, gibt es Überlegungen zu Karbon-Karosserien, ähnlich dem BMW i3. Als erster Hersteller will Ebusco in der zweiten Jahreshälfte einen solchen „Vollkunststoffbus“ präsentieren.

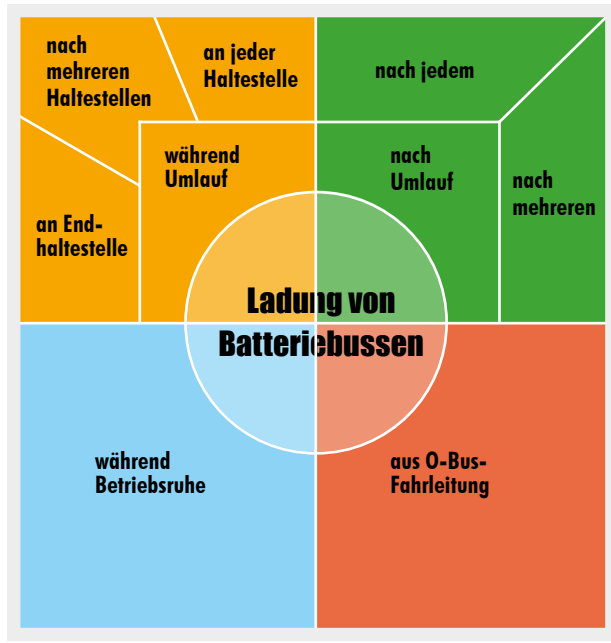
Ob ein E-Bus seinen Umlauf schafft oder nicht, hängt natürlich auch von der richtigen Ladestrategie ab. Aktuell setzen die meisten Verkehrsbetriebe auf eine Übernachtladung im Depot. Wenn auch längere Umläufe elektrisch gefahren werden sollen, ist zusätzlich eine Unterwegs-Schnellladung („Opportunity Charging“) der Fahrzeuge erforderlich. Dafür wird beispielsweise die Wendezeit der Busse an den Endhaltestellen genutzt. Als Technologie der Wahl scheint sich hierbei das konduktive Laden mittels Pantographen gegen das induktive Unterflurladen durchgesetzt zu haben — zu teuer sei die Installation der Spulen im Boden, und man verliere durch den Luftspalt auch zusätzlich Energie, lauten Argumente der Anwender. Eine dritte Option haben Städte, die schon ein O-Bus-System betreiben: Für sie eröffnet sich die Möglichkeit, die Akkus während der Fahrt unter Fahrdraht zu laden und dann auf oberleitungsfreien Strecken mit Akkuenergie weiterzufahren. Das je nach Anbieter „dynamisches Laden“ (Hess) oder „In-Motion-Charging“ (Kiepe) genannte System ist unter anderem in Zürich, Linz und Solingen in Erprobung. In Berlin überlegt man sogar, ein solches Streckenlader-System völlig neu aufzubauen.

E-Bus im Komplettpaket

Der Einsatz von Elektrobussen stellt die Verkehrsbetriebe vor völlig neue Herausforderungen. Wie müssen die Umläufe umgeplant werden, damit die verfügbaren Reichweiten passen? Genügt es, über Nacht im Depot zu laden, oder muss an der Strecke zwischengeladen werden? Stehen an den gewünschten Ladestandorten ausreichende Netzanschlussleistungen zur Verfügung? Wie kann man die vorhandene Leistung intelligent verteilen? Das „Ökosystem“ rund um den E-Bus ist daher auch ein interessantes Geschäftsfeld für Dienstleister und Software-Anbieter, die auf der ElekBu unter anderem mit Lösungen für das Betriebshof- und Lastmanagement aufwarteten. „Pflege und Fütterung in der modernen Elektrobushaltung“ lautete der Titel eines einschlägigen Fachvortrags.

Auch die Fahrzeughersteller selbst haben erkannt, dass ihre Kunden bei der Einführung der Elektromobilität umfangreiche Unterstützung benötigen. So legt man bei Daimler Wert darauf, nicht nur Busse, sondern ein „Gesamtpaket“ zu verkaufen. Und Irizar baut gegenwärtig ein schlüsselfertiges E-Bus-System in der nordfranzösischen Stadt Amiens auf, bestehend aus 43 Gelenkbussen, sechs 600-Kilowatt-Schnellladestationen an den Endhaltestellen der drei Linien sowie 43 Pantographen-Ladeplätzen im Depot. Auch ein 15-jähriger Wartungsvertrag ist inklusive. Entsprechend reduziert sich das Einsatzrisiko beim Verkehrsbetrieb.





Für das Laden von Elektrobussen stehen verschiedene Strategien und Technologien zur Wahl.
(Darstellung: Adolf Müller-Hellmann/ISEA RWTH Aachen)

FAZIT

Obwohl es jetzt mit dem E-Bus erkennbar vorangeht, gibt es noch viel zu tun, um den Fahrgästen einen ähnlich zuverlässigen Betrieb wie mit dem Dieselbus bieten zu können. Viel Zeit bleibt dafür nicht mehr: Die vier größten deutschen Städte Berlin, Hamburg, Köln und München haben sich 2030 als Zieldatum für die komplette Elektrifizierung ihrer Flotten gesetzt und wollen dafür rund 3.000 Elektrobusse anschaffen. Ob die europäischen Hersteller diese Stückzahlen liefern können oder ob letztlich doch die Chinesen einspringen müssen, bleibt eine spannende Frage. ■