



Der Bozankaya-TCV Sileo weist in der 10,7-Meter-Ausführung ein Leergewicht von 12.200 kg auf, damit ist er rund 1.200 kg schwerer als die entsprechende Dieselvariante. Die Lithium-Yttrium-Ionen-Akkus sind auf dem Dach untergebracht, die Haube dort wird noch modifiziert. Die Batterien stellen 200 kWh nutzbare Energie zur Verfügung. Das gesamte Antriebssystem ist doppelt vorhanden: wenn eine der beiden Batteriebänke, ein Inverter, die Fahrsteuerung oder ein DC-DC-Modul für die Bordnetzversorgung ausfalle, könne man mit den gleichen Leistungsdaten weiterfahren, betont Projektleiter Stephan Rudolph, der für das Foto auf dem Fahrersitz Platz genommen hat. Neben der Sicherstellung des Betriebs dient diese Redundanz der Schonung der Komponenten. > Fotos: Kirsten Krämer, Bozankaya GmbH

STILLE REVOLUTION

BOZANKAYA-TCV SILEO

„Im ÖPNV kann man mit einem einzigen Elektrofahrzeug täglich Hunderte oder gar Tausende von Passagieren befördern. Also bringt Elektromobilität gerade hier den größten Vorteil für die Lebensqualität, findet gleichzeitig die höchste Anerkennung und ist außerdem auch noch wirtschaftlich“, erklärt Stephan Rudolph, Projektleiter des Elektrobusses Sileo.

Inhaber Murat Bozankaya wird von ähnlichen Überlegungen angetrieben: „Wenn wir einfach nur Fahrzeuge herstellen wollten, würden wir Verbrennungsmotoren mit besonders niedrigem Kraftstoffverbrauch entwickeln, denn Fahrzeuge bauen kann jeder. Wir möchten aber etwas für die Umwelt tun. Elektrobusse sind die Zukunft, daran glauben wir fest.“

Bei zwei so engagierten Vordenkern

verwundert es nicht, dass das gesamte Team mit höchster Motivation bei der Sache ist, was sich u.a. in einem Rekordtempo bei der Umsetzung niederschlägt. Mit dem neuen Modell schickt man sich jetzt an, in Sachen Elektrobussen den meisten großen westeuropäischen Omnibusbauern davonzufahren, und das aus eigener Kraft ohne Fördermittel. Einen perfekt passenden Produktnamen hat man auch

gefunden: Sileo, abgeleitet vom lateinischen Wort Silentium, was auf Deutsch Ruhe oder Stille bedeutet.

Der Sileo ist eine deutsch-türkische Koproduktion: Der Wagenkasten kommt von TCV aus der Türkei, doch die gesamte Antriebs- und Batterietechnik sowie die Ausstattung erhält er bei uns in Deutschland. Sie wurde speziell für den Buseinsatz von der Bozankaya Business Consultant



Der Sileo ist mit zwei oder drei Einstiegen lieferbar. Beim Prototyp kommen die Türen noch vom türkischen Hersteller Revar und sind druckluftbetätigt, in der Serie erhält der Sileo elektrische CADS-Türen von Bode. Auch von hinten sind noch gut die Batteriebänke zu sehen. Zwei Klappen hinten rechts dienen zum Anschluss des Ladesteckers (oben) und zur Betankung des Diesel (unten) für die Heizung. Alle TCV Busse werden mit erhöhtem Dach gefertigt und sind somit für die verschiedenen Traktionsformen universell verwendbar.



Selten findet man den Motorraum eines Stadtbusses so leer vor. Untergebracht wurden hier lediglich neben Kleinteilen die Kompressoreinheit mit ihrem Asynchron-Drehstrommotor, zwei Inverter und der Dieseltank für die Heizung. Alle Nebenverbraucher arbeiten mit 24 V, somit kann das System effizient betrieben werden. Zudem geht von hier keinerlei Gefährdung aus.



Noch sieht man sehr deutlich die rechts und links längs angeordneten Batteriepakete auf dem Dach des Bozankaya Testbusses. Um sie im Falle eines Frontaufpralls zu schützen, werden sie in der Serie vorne mit einem Schott abgesichert und um 100 mm im Dach versenkt. Möglich ist dies durch den Wegfall der Klimakanäle im Dach. Front und Heck bekommen jeweils eine windschnittige Abdeckung.

& Commerce (BC&C) in Wolfenbüttel entwickelt bzw. angepasst.

Die Basis bildet der TCV Centravel, in der Türkei als Karat bezeichnet. Die fertigen Karossen werden ins Bozankaya-Werk in Salzgitter-Watenstedt transportiert, wo sie dann zum Sileo weiterverarbeitet werden. Diese Aufgabenteilung soll auch für die Serienfertigung beibehalten werden.

TCV ist ein noch junger Bushersteller, erst im April 2012 präsentierte er

seine ersten Fahrzeuge; das Kürzel steht für Turkish Commercial Vehicles (Türkische Nutzfahrzeuge). Das Unternehmen gehört zur Bozankaya-Gruppe, die sich vor allem als Systemzulieferer für die Bus- und Bahnindustrie einen Namen gemacht hat. Mittlerweile betätigt sie sich aber auch selbst als Hersteller von Omnibussen und Straßenbahnen, wie im Bericht über den Trambüs in OS 14-4 zu lesen ist.

Effizienz ist Programm

Schon beim ersten öffentlichen Auftritt auf der Busworld Istanbul 2012 machte man seitens TCV kein Geheimnis daraus, dass auch Elektrobusse auf der Agenda stehen (siehe Porträt in OS 12-4). Jetzt ist es soweit, die ersten Prototypen haben bereits Tausende von Testkilometern absolviert, im September soll auf der IAA in Hannover die Premiere des Sileo erfolgen. Wir haben schon einmal exklusiv einen dieser Prototypen Probe gefahren und uns von Murat Bozankaya und Stephan Rudolph über Strategie und Technik informieren lassen.

Alle Komponenten wurden vor der Verwendung auf Effizienz, Langlebigkeit und Komfortanforderungen untersucht und ggf. modifiziert. Das fängt mit der Hinterachse an, einer ZF-Elektroachse des Typs AVE 130 mit zwei radnahen Asynchronmotoren. Ihre Ansteuerung wurde von BC&C selbst gestaltet, um besten

Fahrkomfort, höchste Wirtschaftlichkeit und eine optimale Systemintegration sicher zu stellen.

Auch die Nebenverbraucher wurden im Hinblick auf Energieverbrauch und Gewicht kritisch geprüft. In einigen Fällen führte dies dazu, dass man eigene Entwicklungen machte, weil man mit den am Markt verfügbaren Aggregaten absolut nicht zufrieden war. Ein gutes Beispiel dafür ist der Luftpresse, den man zusammen mit einem Partner schuf: Er kann pro Minute 240 l auf einen Druck von 10 bar bringen und braucht dazu durchschnittlich nicht mehr als 180 W, also höchstens ein Zehntel des sonst Üblichen. Mit einem Gewicht von 6 kg ist er zudem extrem leicht, ein weiterer Pluspunkt gegenüber anderen elektrischen Kompressoren.

Die Hochvoltkomponenten sind auf dem Dach untergebracht, während die Niederspannungs-Nebenverbraucher wie Luftpresse und Lenkhilfpumpe gut zugänglich im unteren Bereich angeordnet sind. Angetrieben werden sie grundsätzlich von Drehstrom-Asynchronmotoren, da man diese für die zuverlässigsten und sichersten hält.

Bei der Klimaanlage hat man sich für die Spheros Citysphere entschieden, weil sie den geringsten Energieverbrauch aufweist. Ihre Stromversorgung übernehmen ergänzend elastische Solarpaneele auf dem Dach,



In unserem Testbus stehen 32 Sitzplätze zur Verfügung, die Gesamtkapazität beträgt knapp 90 Personen. Durch den Wegfall des Motorturms hinten links kann dort eine zweite Sondernutzungsfläche eingerichtet werden.



Der Sileo weist einen VDV-Arbeitsplatz auf, hier noch in der zurzeit üblichen Ausführung. In der Serie wird er dessen Nachfolger erhalten, den von Continental entwickelten neuen Arbeitsplatz, bei dem die Verbrauchsdaten im Amaturenräger ablesbar sind.

diese kommen aus dem Hause Bozankaya/Alfasolar.

Um den Aufwand für das Kühlen und Heizen möglichst niedrig zu halten, wird der Sileo mit Doppelverglasung lieferbar sein. Diese Dämmung erhöht zwar das Gewicht, aber auch die Effizienz, sodass sie sich unter dem Strich letztlich lohnt.

Eine eigene Auffassung vertritt die Entwicklung bei der Frage des Heizens: Sowohl eine ölgefeuerte Spheros Zusatzheizung, bei der die Energiewandlung in Wärme mit einem Wirkungsgrad von nahezu 100% erfolgt, als auch eine elektrische Heizung finden Verwendung. Als Alternative ist eine Wärmepumpe möglich. Eine rein elektrische Heizung hält man aus energetischen Gründen nicht für sinnvoll. Dennoch können Kunden auch diese im Sileo bekommen, wenn sie es wünschen; das geht dann allerdings zu Lasten der Reichweite.

Frischzellenkur

Herzstück des Fahrzeugs ist aber das Batteriesystem mit der selbst entwickelten SCL-Technologie. SCL steht für Single Cell Loading und ist ein Verfahren zur Steigerung der Effizienz der Batterien und des Antriebs. Dieses Thema liegt der Entwicklungsabteilung besonders am Herzen, denn hier hebt sich der Sileo am deutlichsten von den Wettbewerbern ab.

„Es gibt zwei wesentliche Fundamente unserer Entwicklungsstrategie“, erklärt der Diplom-Physiker. „Erstens machen wir nichts, was physikalisch-technisch unmöglich ist, und

zweitens kreieren wir kein Produkt, das wir nicht beherrschen.“ So führt Stephan Rudolph aus, dass bei den meisten anderen Akkus das Verhältnis zwischen gewünschter Antriebsleistung und Batterieauslegung nicht passe, was zu Schäden führen könne. Vor diesem Hintergrund ist das Unternehmen nicht zufrieden mit den am Markt erhältlichen Batteriesystemen, also schuf man ein eigenes.

Um dessen Vorzüge zu verstehen, müssen wir ein wenig tiefer in die Physik einsteigen: Je weniger Kapazität eine einzelne Batteriezelle hat, umso höher ist ihr Innenwiderstand, wenn man sie mit Strom beaufschlagt. Dies führt zur Entstehung von Wärme, was nicht nur einen Energieverlust bedeutet, sondern auch eine zusätzliche Kühlung erfordert, die schwer und teuer ist. Also wählte das Entwicklungsteam entsprechend leistungsfähige Zellen aus.

Doch das ist nur die halbe Miete: Üblicherweise werden die Zellen nun in Reihe geschaltet, um die gewünschte Spannungslage zu erhalten; bei Bozankaya sind es jeweils 150. Auch Hochleistungszellen unterliegen aber Schwankungen in Bezug auf die Fertigung und ihren Wirkungsgrad bei der Energieumwandlung (elektrische in chemische bzw. umgekehrt). Wenn nun einzelne Zellen voll sind, andere aber noch nicht, muss grundsätzlich weiter Strom zugeführt werden, um den gewünschten Energieinhalt der Gesamtbatterie zu erreichen. Dieses unvermeidliche Phänomen nennt man Disbalance. Die vollen Zellen können aber nichts mehr aufnehmen, daher

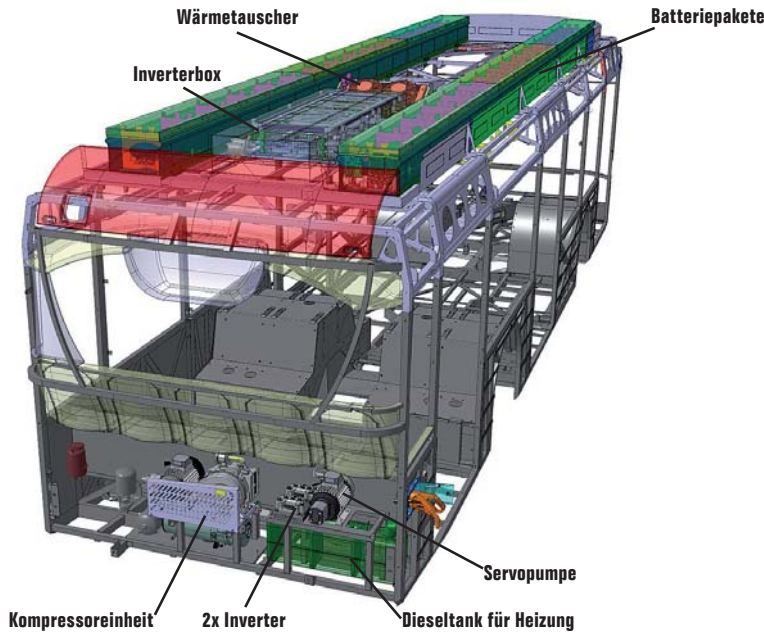
greift das Batteriemanagementsystem (BMS) ein und produziert an dieser Stelle Wärme.

Im Umgang mit der Disbalance besteht nun der Clou bei den Bozankaya-Batterien: Jede Zelle verfügt über ein eigenes, aktives BMS, das mit einem Wirkungsgrad von bis zu 96% Strom von einer vollen Zelle zu einer anderen mit erhöhtem Energiebedarf transportieren kann. „Mit der SCL-Technologie kann man Batterien mit 200 kW bei Verlusten von weniger als 5% laden“, berichtet Stephan Rudolph selbstbewusst. „Durch SCL wird sichergestellt, dass jede Zelle immer im optimalen Arbeitsbereich betrieben wird. Damit weist sie geringste innere Widerstände auf, es entstehen also kaum Verluste.“

Aufgrund ihrer Auslegung sind die SCL-Batterien in der Lage, die beim Bremsen anfallende Energie weitestgehend aufzunehmen, bis zu 500 kW können eingespeist werden. Gut 40% der Energie, die man für die Traktion aus der Batterie entnehme, werde über die Rekuperation zurückgespeist, betont man.

Selbsterfahrung

Soweit die Theorie; natürlich hat uns die Frage stark interessiert, wie sich der Sileo in der Praxis macht. Daher haben wir die Firma Bozankaya an ihrem Stammsitz in Salzgitter-Watenstedt besucht, um dort den Elektrobuss Probe zu fahren. Beeindruckend ist das ausgezeichnete Beschleunigungsvermögen unseres allerdings nicht beladenen Testbus-



ses. „Das Anfahrtdrehmoment würde auch dann noch ausreichen, wenn man einen der beiden Radmotoren in der ZF-Elektroachse abschalten würde“, merkt Stephan Rudolph an. So weit wollten wir bei unserer Testfahrt nicht gehen, aber das Anfahren am Berg haben wir ausprobiert - mit überzeugendem Ergebnis: Auch an einer Steigung beschleunigt der Sileo zügig. Dies gilt laut den Entwicklern auch in beladenem Zustand.

Absolut beeindruckend war der Energieverbrauch, den wir ohne große Fahrereinweisung erzielten: Auf einer Strecke von 67,2 km kamen wir auf 0,620 kWh pro Kilometer. „Auch beladen bleibt der Bus bei allen gängigen Einsatzprofilen immer unter 0,8 kWh“, sagt Stephan Rudolph. Unter diesen Umständen sind die 200 km Reichweite, die Bozankaya seinen Kunden garantiert, ein sehr vorsichtig angesetzter Wert. Wir hätten bei unserer Testfahrt gut 280 km schaffen können, wenn wir die zur Verfügung stehende Energiemenge der Batterien voll ausgeschöpft hätten.

Auf unserer Proberunde lag die Rekuperationsrate bei 39,6%. Um solche Werte zu erreichen, müssen die Batterien so ausgelegt sein, dass sie schnell hohe Energiemengen aufnehmen können; dies ist beim Sileo Ebus ja der Fall.

Ein Merkmal von allen Elektrobussen ist, dass man plötzlich die Nebenverbraucher deutlicher wahrnimmt, wenn sie nicht mehr vom Die-

selmotor übertönt werden. Im Sileo arbeiten die Komponenten vergleichsweise leise. Dafür ist allerdings die ZF-Elektroachse relativ laut, die Friedrichshafener wollen aber bis Jahresende das Geräuschniveau senken.

Die Elektrobremse kann zusätzlich zum Fußpedal auch über einen Handhebel, ähnlich einem Retarderhebel, angesteuert werden. Dieser Hebel weist aber noch mehr Funktionalitäten auf: Man kann mit ihm einstellen, ob und wie stark der Bus bremst und rekuperiert, wenn man den Fuß vom Gas nimmt. Für den Überlandverkehr empfiehlt sich die Bremsstufe eins, im innerstädtischen Einsatz die Stufe zwei. Mit diesen Bremsstufen wird gleichzeitig auch der Pedalweg beim Gas verändert: Je höher die Bremsstufe ist, desto länger wird der Pedalweg zum Erreichen einer bestimmten Geschwindigkeit. Im Stadtverkehr beschleunigt der Bus also langsamer.

Es gibt viel zu tun

Neben der 10,7 m langen Ausführung ist aufgrund der modularen Bauweise auch eine Variante mit 12 m Gesamtlänge darstellbar. Nächstes Jahr soll zudem die Gelenkversion des Sileo vorgestellt werden. Auch eine Designvariante analog dem Trambüs wäre vorstellbar.

In Kürze sollen die ersten Sileo im endgültigen Design mit modifizierter Dachhaube nach Deutschland kommen, sie werden auf der IAA Nutzfahrzeuge in Hannover sowohl statisch als auch dynamisch zu bewundern sein.

In diesem Jahr sollen außerdem noch zehn Nullserienfahrzeuge gebaut werden, die hauptsächlich für Demozwecke in verschiedenen Ländern gedacht sind. Anfang 2015 wird dann der erste Auftrag für einen westeuropäischen Kunden abgewickelt, es geht gleich um 20 Sileo.

Murat Bozankaya verfolgt mit dem Sileo durchaus ambitionierte Ziele, sowohl im Hinblick auf die Weiterentwicklung als auch beim Absatz: Bis Ende 2017 will er in Europa und Nordamerika insgesamt 1.000 Exemplare verkaufen, ab 2018 sollen es dann jährlich 1.000 sein. „Das ist nicht viel, wenn das Fahrzeug sich bewährt und die Kommunen erkennen, dass es das ist, was sie brauchen“, meint er.

Der Preis des Sileo ist nach Aussage des Inhabers absolut wettbewerbsfähig, doch in Euro und Cent beziffern wollte er ihn noch nicht.

Technisch steht ganz oben auf der Agenda eine weitere, deutliche Senkung des Eigengewichts. Wie dies realisiert werden soll, mochte Murat Bozankaya noch nicht verraten. Angesichts der angestrebten Größenordnung von ein bis zwei Tonnen muss man aber schon zu drastischen Maßnahmen greifen, mit einer einfachen Reduzierung von Wandstärken oder dem Umstieg auf andere Materialien bei der Beplankung lässt sich ein solcher Wert nicht erreichen. Auf dem Firmengelände haben wir einen alten Neoplan MIC (Metroliner in Carbon-Design, also Vollkunststoffkarosse) gesehen, ob das wohl Zufall war? Auf jeden Fall ist das engagierte Team um Murat Bozankaya und SStephan Rudolph sicher auch in Zukunft noch für einige Überraschungen gut, man möchte immer dem Wettbewerb mindestens einen Schritt voraus sein.

<< DH/KK



Beim Start unserer Testfahrt wurden die Einstellungen auf

Null gestellt, sodass wir am Ziel sofort alle Parameter ablesen konnten.