

**Eindhoven**

# Mekka für den E-Bus-Einsatz

So etwas wie eine Blaupause für einen künftigen E-Bus-Einsatz in großem Stil liefert Eindhoven. In der Brabanter Metropole ist die Hälfte der ÖPNV-Flotte auf umweltfreundlichen Antrieb umgestellt worden.

In der Stadt Eindhoven soll der Busverkehr schon 2020 komplett elektrifiziert sein. Entsprechend wird in der Metropole im Südosten der Provinz Nordbrabant in Fuhrpark und Infrastruktur investiert. Hermes, hundertprozentiges Tochterunternehmen von Connexion Nederland, das wiederum zum französischen ÖPNV-Giganten Transdev gehört, betreibt an der im Herzen der Stadt gelegenen Professor Doctor Dorgelolaan einen entsprechend auf- und ausgerüstetem Betriebshof. Er befindet sich damit nur 1,7 km vom zentralen (Bus-)Bahnhof entfernt. So haben die E-Busse nur eine kleine Strecke zurückzulegen, um ihre Batterien zwischenzuladen. Ladestationen außerhalb des Betriebshofs sind somit nicht nötig. Dies ist sicher eine besonders günstige Ausgangssituation, die in anderen Städten womöglich so nicht realisierbar ist, aber in Eindhoven die Umsetzung des E-Bus-Konzepts stark vereinfacht.

Der Busbetreiber Hermes war es auch, der die Konzession in Eindhoven gewinnen konnte – mit E-Bus-Konzept gegen konkurrierende Diesibusstandards. Einziges Zugeständnis für den Elektrobuss laut den Hermes-Verantwortlichen: Statt üblicherweise fünf Jahre wurde die Konzession auf zehn Jahre verlängert. Trotz des einkalkulierten Batteriewechsels in diesem Zeitraum hatte das Hermes-Konzept wirtschaftlich die Nase vorne gegenüber konventionellen Antriebssystemen. Hermes setzt bei seiner Fahrzeugbeschaffung komplett auf 18,15 m lange E-Gelenkbusse vom Typ VDL Citea SLFA-181 Electric im Metro-Design, wie sie auch bei den Kölner Verkehrsbetrieben (KVB) zum Einsatz kommen. Interessanter Weise haben niederländischer wie deutscher VDL-Kunde fast gleichzeitig Testbetrieb (ab Frühjahr 2016) und Inbetriebnahme (Dezember 2016) absolviert. Die im VDL-Werk Heerenveen gebauten E-Busse für Eindhoven

bringen mit 19075 kg fast genau 3 t Leergewicht mehr auf die Waage als vergleichbare Diesegelienkbusse aus dem VDL-Sortiment. Verantwortlich für das Mehrgewicht sind vor allem die neun luftgekühlten Batteriemodule auf dem Dach mit je 20 kWh Speicherkapazität, wovon ca. 140 kWh nutzbar sind.

Das erhöhte Leergewicht bedeutet zudem, dass das maximale Passagiervolumen bei einer Sitzkonfiguration von 41+5+1 (5 steht für fünf Klappsitze) bei 130 Fahrgästen begrenzt ist. Das sollte aber ausreichen, da auch für 150 Personen und mehr ausgelegt Diesegelien-

busse selten hinsichtlich der Nutzlast die maximale Beförderungskapazität erreichen, weil das vorhandene Raumangebot und der Komfortfaktor gegen die höchste Ausladung sprechen. Für einen schnellen Passagierfluss sorgt

bei den Hermes-Gelenkbusen eine 1-2-2-2-Türkonfiguration.

Die Batteriezellen

stammen vom international aufgestellten Hersteller Microvast, der mittlerweile sein Hauptquartier in Texas hat, in China weiterhin produziert und eine Zentrale für Europa, den Mittleren Osten und Afrika in Frankfurt am Main betreibt. Das Unternehmen ist seit der

**Das maximale Passagiervolumen ist auf 130 Fahrgäste begrenzt**



Gründung 2006 auf schnellladefähige Lithium-Titanat-Batterien (LpTO) und später Lithium-Kohlenstoff-Batterien (LpCO) für Anwendungen gerade in Bussen spezialisiert. Besonders Letztere haben den Vorteil, sehr schnell aufladbar zu sein und auch nach mehr als 10000 Vollladezyklen noch mindestens 80 % ihrer Kapazität zu besitzen. Zudem ist eine Wiederverwertung leicht möglich, da der Akku weder Schwer- noch Edelmetalle enthält. Für die Batteriepacks und -steuerung ist der Spezialist Durapower aus Singapur mit ebenfalls Produktionsstätten in China zuständig. Weitestgehend deutsche Produkte ergänzen die Elektrostruktur der Fahrzeuge. Der Zentralmotor Siemens 1DB2022 mit 210 kW Leistung erzeugt ein max. Drehmoment von 3800 Nm an der Hinter-

achse und werkelt auch in den KVB-Bussen. Der Schunk-Pantograf ist mittig auf dem Fahrzeugdach vor dem Gelenk installiert. Für das Klimamanagement an Bord sorgen eine Wärmepumpe vom Typ Thermo King ES 700 H, elektrische Heizer und eine biodieseltreibene Spheros-Zusatzheizung.

Bis 2016 waren im Eindhovenener Busdepot 85 Dieselflotten in 12- und 18-m-Längenausführung untergebracht. Aufgrund der steigenden Fahrgastzahlen hat man sich

entschlossen, in der ersten E-Bus-Charge nur Gelenkzüge anzuschaffen – 43 insgesamt. In der zweiten Phase von Januar 2019 bis Dezember 2021 sollen 65 Null-Emissions-Solos (12 m) folgen, die aber auch in Helmond und regionalen Linien in Südostbrabant zum Einsatz kommen sollen. 65 Einheiten mit 13 m Länge, 23 Kleinbusse und fünf Großraumtaxi – alle elektrisch betrieben – werden

innerhalb der Halle abgegrenzt, um Unfälle oder Missbrauch zu verhindern. Insgesamt max. 2,7 MW Leistung können die 400-V-

Ladegeräte bereitstellen. Das reicht derzeit aus, denn bei zehn eingeregneten

**Zur Energieversorgung wurde eine 4-MW-Kabelverbindung zu einer Bahnstrecke eingerichtet**

Schnellladern à 300 kW können bei der Leistungsbegrenzung der Schunk-Pantografen auf 270 kW eben diese max. 2,7 MW Leistung gezogen werden. Allerdings sind praktisch nie gleichzeitig zehn Fahrzeuge beim Schnellladen vor Ort. Weit weniger Leistung benötigen die 23 Langsamlader à 50 kW für die Übernachtversorgung, die meist drei bis vier Stunden in Anspruch nimmt. Damit die Fahrer am richtigen Terminal die Fahrzeuge zum Laden parken, sind die Depotlader farblich markiert: Gelbes Schild bedeutet langsames Laden, rotes Schnellladen. Alle sind mit Ladehauben ausgeführt, Kabelverbindungen für die Busse im Betriebshof sind daher nicht nötig. Von den zehn Schnellladern sind übrigens sechs vor der Halle mit Masten ausgeführt. Das hat den Hintergrund, dass das Depot während der Nacht verschlossen ist. Nachtbusse können sich so aber dennoch mit dem nötigen Strom versorgen. Außerdem müssen auch am Tage nachzuladende E-Busse nicht extra in die Halle einfahren. Wenn – nach Plan – in den nächsten Jahren bis 2020 der gesamte städtische Busverkehr



**↑ Interessanter Vergleich: Arriva- (l.) und Hermes-Gelenkbus (r.) unterscheiden sich in der Anordnung der Komponenten auf dem Dach. Beim Eindhovenener Fahrzeug sitzt der Pantograf hinter dem vorderen Klimaanlagenmodul, beim Fahrzeug aus Limburg ganze vorne auf dem Busdach**

von Hermes für Südostbrabant nach Plan von Januar 2022 bis 2024 angeschafft, total also 203. Um die Energieversorgung für die E-Busse sicherzustellen, wurde eine ca. 1 km lange 4-MW-Kabelverbindung zu einer Bahnstrecke eingerichtet. Ein Trafo (Unterwerk) wandelt die Ströme um und gibt sie über Ladegeräte an die einzelnen Ladestationen. Da es sich hier um einen Hochvoltbereich handelt, sind die Ladegeräte sicher hinter hohen Zäunen



**Rasanter Wandel in Eindhoven – die Hälfte des Hermes-Fuhrparks wurde 2016 auf Elektrobusse von VDL umgestellt. Stark frequentiert von der Bevölkerung werden beispielsweise die Linien zum Flughafen**





von Eindhoven elektrisch betrieben sein wird, muss Hermes natürlich weitere Ladegeräte und Ladehauben in der Halle installieren. Derzeit sind es allerdings erst 43 E-Gelenkbusse, die im Betriebshof versorgt werden. Zwei Phileas-Brennstoffzellenbusse im Testbetrieb und 45 herkömmliche Dieselfahrzeuge vervollständigen momentan den Fuhrpark von 90 Einheiten. Drei bis vier Hochvolttechniker betreuen die Fahrzeuge im Depot. Die Testfahrten mit den 43 VDL Citea SLFA-181 Electric begannen im Mai 2016 – „alles inkognito“, wie Alex

fielen vier bis fünf Elektrobusse in einer Woche aus, meist allerdings mit Standardproblemen, wie sie auch beim Dieselfahrer auftreten.“ Um die Defizite aus dem Weg zu räumen, gab es in der Anfangszeit tägliche Besprechungen der zuständigen Mitarbeiter von Hermes und VDL. Der niederländische Bushersteller ist nämlich auch für alle Aspekte des elektrischen Antriebs direkter Ansprechpartner von Hermes. Der ÖPNV-Betreiber muss sich bei Problemen nicht an den Batterie-, Steuerungs-, Pantografen- oder Motorhersteller wenden.

tag, pro Fahrzeug also etwas über 200 km. Die Wochenenden und Feiertage einberechnet absolvieren die Busse im Schnitt ca. 7 500 km am Tag, also 175 km pro Einheit. In der Spitze legen die E-Busse am Tag bis zu 350 km während der Umlaufzeiten zwischen 5 und 0.30 Uhr zurück, im Minimum rund 120 km.

Die einzelnen Umläufe der acht hochfrequentierten HOV-Expresslinien, auf denen die E-Busse eingesetzt werden, betragen zwischen 4,5 und 11,9 km. U. a. werden die Technische Universität, verschiedene Campus-Standorte, der Eindhovener Stadtbezirk Achtse Barrier, die Gemeinde Veldhoven sowie der Flughafen angesteuert. Letzteren bedienen die Linien 400 und 401, auf denen mitunter bis zu 14 Einheiten gleichzeitig im Einsatz sind – bei einem auf sieben Minuten erhöhten Takt. Große Streckenabschnitte der HOV-Linien wurden mit BRT-eigenen Spuren ausgebaut.

Zu Hochfrequenzzeiten sind bis zu 39 E-Busse gleichzeitig auf Linie. Vier werden immer als technische Reserve zurückgehalten. Alle drei bis vier Stunden müssen die Fahrzeuge zum Stromnachtanken zum Betriebshof. Dort stehen sie in der Regel für 30 bis 35 Minuten, bis sie weiterfahren können. Dazu muss der Fahrer den Bus passend geparkt haben: Ein Quadratmeter Spielraum ist dazu vorhanden, 40 cm nach links oder rechts kann er von der Idealspur abweichen, die 90 cm lange Ladehaube ermöglicht ebenfalls einen gewissen Toleranzbereich. An den drei Lademasten mit je zwei Ladehauben außerhalb der

Halle hilft zudem jeweils eine anzusteuernde Betonschwelle, die richtige Position zu finden, um den Pantografen an die Haube andocken zu können.

Der jeweilige Fahrer – 240 beschäftigt Hermes in Eindhoven – wartet derweil natürlich nicht aufs Nachladen, sondern wechselt den Bus. Vorher kontrolliert er noch, ob die Verbindung des nachzuladenden Fahrzeugs mit der Ladestation einwandfrei funktioniert. Ein Lademeister checkt über den Tag in den Bussen, welche Einheiten vollgeladen sind und wieder auf Linie gehen können. Dieser Vorgang soll aber in Kürze automatisiert werden: Dann meldet ein internetbasiertes System den Ladestand an den Disponenten, so dass der umständliche und zeitaufwändige Ableseprozess überflüssig wird.

Hermes kalkuliert Reichweiten von mindestens 75 km, bevor ein SLFA-181 Electric wieder nach rund drei Stunden zum Stromnachfassen an die Ladestation kommen soll. Auch dann muss er als Reserve noch eine Ladekapazität von mind. 20 % in seinen Batterien übrig haben, um nicht Gefahr zu laufen, unterwegs liegen zu bleiben. Von Frühling bis Herbst geht

diese Rechnung in der Regel auf 1,4 bis 1,5 kWh/km

verbrauchen

die Fahrzeuge im Schnitt, bei eingeschalteter Klimaanlage geringfügig mehr. Bei einer nutzbaren Speicherkapazität von 140 kWh spielt die Reichweitenthematik also keine Rolle.

Anders sieht die Lage bei tiefen Temperaturen im Winter aus. Dann verbrauchen die E-Busse bis zu 2,1 kWh/km. Demnach sind die kalkulier-



⬆ **Schnelllader mit jeweils 300 kW Leistung versorgen die Fahrzeuge beim Opportunity-Charging. Hier zwei der sechs Schnelllader vor der Halle, mit denen auch Nachtbusse geladen werden können, wenn die Depots am Abend verschlossen werden**

de Jong, für den ÖPNV-Bereich bei VDL zuständig, berichtete. Denn Ziel war es, dass die Fahrgäste den Technologiewechsel vom Dieselfahrer zum Elektrobus möglichst gar nicht wahrnehmen sollten, wie VDL-Integrations-



**Twan Smid** bei unserem Rundgang

durchs Depot erklärten. Der Anfang war alles andere als leicht. „Wir hatten in den ersten zwei Wochen Schwierigkeiten, den Fahrbetrieb aufrecht zu erhalten“, räumte Smid ein. „In der Anfangszeit

„Später wurde der Besprechungsbedarf immer weniger. Mittlerweile treffen wir uns nur noch ca. alle zweieinhalb Wochen. In der Zwischenzeit werden Dinge, wo noch Optimierungsbedarf vorherrscht, einfach gesammelt und dann im gemeinsamen Gespräch abgearbeitet. Das beeinträchtigt den täglichen Betriebsablauf aber nicht mehr“, zeichnet Smid ein aktuell sehr positives Bild.

Die Zahlen sprechen für sich: Vom offiziellen Betriebsstart der Elektrobusse am 11. Dezember 2016 an bis zum 18. April 2017 hatten die 43 Einheiten bereits 1 Mio. km zurückgelegt. Das bedeutet gut 9 000 km an jedem Werk-

**30 bis 35 Minuten dauert der Stopp zur Zwischenladung im Schnitt**



↑ Die Depothalle ist bereits auf kompletten E-Bus-Betrieb ausgelegt. Mit wenigen Nachrüstungen können dann 90 Einheiten von hier aus eingesetzt werden. Die roten Schilder über den Ladehauben zeigen übrigens Schnelllader an Fotos: Bünnagel

ten 75 km also nicht zu erreichen. Für diesen Fall gibt es eine Heizroutine in den Fahrzeugen: Ist der Heizbedarf groß, unterstützen elektrische Heizer die Wärmepumpe. Erkennt das System, dass der Gesamtverbrauch fürs Heizen die Mindestreichweite gefährdet, übernimmt automatisch die biodieselbetriebene Spheros-Zusatzheizung die Wärmeversorgung des Innenraums. Auf diese Weise bleibt genug Batterieleistung übrig für den Fahrbetrieb. Erstmals in Kontinentaleuropa wurde mit Eindhoven ein Betriebshof und -ablauf eines ÖPNV-Unternehmens wenigstens zur Hälfte auf E-Mobilität umgestellt. Da die Strukturen nun sämtlich geschaffen sind, ist die komplette Transformation auf E-Bus-Betrieb bis 2020 eher Formsache und birgt keine strukturellen Probleme mehr. Die Verfügbarkeit der Elektrobusse liegt bei 95 %. Zwar mussten Umlaufzeiten aufgrund der alle drei Stunden nötigen Rückkehr zum Depot ebenso verändert und an den Verkehrsträger E-Bus angepasst werden wie Linienverläufe. Für die Benutzer hat sich jedoch nur wenig verändert. Im Gegenteil:

Das veränderte Angebot scheint so attraktiv zu sein, dass die Passagierzahl im ersten Halbjahr 2017 auf den HOV-Linien deutlich gestiegen ist. Über 20 000 Fahrgäste werden mittlerweile pro Tag von den umweltfreundlichen Bussen befördert. 1,012 kg / km CO<sub>2</sub> spart jeder von ihnen gegenüber dem Dieselpendant ein. Auf die Flottenkilometer von im Schnitt 7 500 umgelegt bedeutet das eine Reduktion von 7,5 t am Tag. Gleichzeitig vermeiden die Fahrzeuge am Tag ca. 36 kg NO<sub>x</sub>, also Stickoxide. Um die Bilanz nicht zu verfälschen und nachhaltig zu machen, bezieht Hermes für seine Busse ausschließlich Windstrom für den Fahrbetrieb und Biodiesel für die Zusatzheizungen. Das alles gibt es natürlich nicht zum Nulltarif. Es erforderte zunächst erhebliche Investitionen in die Infrastruktur. Inwieweit hier Fördergelder geflossen sind, wollte man uns nicht mitteilen – davon ist aber auszugehen. Allerdings betont man bei Hermes, dass sich das

E-Bus-Konzept in der Erlangung der Konzession gegenüber Dieselbusvarianten durchgesetzt habe. Auch das ist für uns schwierig zu überprüfen, denn Strompreissubventionen etc. könnten sich in einem solchen Konzept verstecken. Festzuhalten ist aber, dass der E-Bus-Betrieb eine leicht höhere Reserve verlangt – von 85 auf 90 Einheiten stieg der Fuhrparkumfang mit der Umstellung. Um nicht noch mehr teure Elektrobusse anschaffen zu müssen, setzte man bei Hermes wenigstens in der ersten Charge auf Gelenkbusse, um hohe Fahrgastkapazitäten zu erreichen. Noch nicht optimal gelöst in den Bussen sind die Geräuschemissionen im Fahrbetrieb – und zwar im Innern. Geräusche von elektrischen Bauteilen wie Wechselrichter, Wärmepumpe oder Lüfter vermischen sich mit Lärm von der Kardanwelle im Schubtrieb und Reifenabrollgeräuschen. „Bei Elektrobusen muss man künftig noch mehr darauf achten, Geräusch-

**7,5 t CO<sub>2</sub> und 36 kg NO<sub>x</sub> vermeidet die Eindhovener E-Bus-Flotte am Tag**

quellen wie Nebenverbraucher oder knarrende Verkleidungen zu beherrschen“, räumte daher auch ein VDL-Techniker während unserer Testfahrten durch Eindhoven ein. In einem vergleichbaren VDL-Elektrogelenkbus von Arriva haben wir dabei 67 bis 68 dB(A) bei 50 km/h gemessen. Deutlich besser schnitten bei unseren Messungen das 9,95 m lange Low-Entry-Modell Citea LLE-99 Electric und der SLF-120 Electric ab. Bei Letzterem hat man die Konfiguration der Achse verändert und die Gewichtsverteilung im Fahrzeug durch Umplatzierung der Batterien verbessert. Ergebnis waren 63 bis 64 dB(A) im LLE-99 und 65 dB(A) im SLF-120 bei unseren Messungen mit Tempo 50. Nach außen sind die Fahrzeuge dagegen sämtlich sehr leise – so leise, dass man die Hermes-Einheiten mit markdurchdringenden Tramglocken ausgerüstet hat. Außerdem sollen automatisch aktivierte akustische Warnbaken an neuralgischen Stellen wie Übergängen und Haltestellen entlang der Linienstrecken Passanten bei Annäherung eines E-Busses alarmieren. Alarmierend sollten die Entwicklungen im e-mobilen ÖPNV-Bereich wie gerade in den Niederlanden auch für die deutschen Busbauer und Verkehrsunternehmen sein. Denn der Vorreiter Eindhoven zeigt: Sowohl ist ein Einsatz von E-Bussen im großen Stil betriebstechnisch reibungslos umsetzbar als auch wirtschaftlich zu stemmen.

CB ■

**STARK Mobile oder hängende BUS-WASCHANLAGE**  
 NEU 2017  
 mit Panorama Dachwäsche + Sitz  
 – mit Wassertank und Akku  
 selbstfahrend  
 – hängende Waschanlagen

**Neue Modelle**  
 Tel.: 07967 328 · www.st-stark.de