



Die 24 m lange „lighTram“ der Carrosserie Hess AG in Bellach/Schweiz bietet 188 Fahrgästen Platz. Dieser Obus wird unter anderem von den Verkehrsbetrieben Zürich (VBZ) eingesetzt.

„Null-Emissionen“ im Stadtverkehr sind nur mit elektrischen Antrieben möglich

Der Obus erlebt eine Renaissance

VON PETER KUDLICZA

Die EU will den Treibhausgas-Ausstoß bis 2020 um 20 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 reduzieren. Um dieses Ziel zu erreichen, muss man den Hebel vor allem beim Verkehr ansetzen. Dessen Anteil an den gesamten CO₂-Emissionen liegt gegenwärtig schon bei knapp 30 Prozent – mit steigender Tendenz. In zwölf Jahren könnten es schon 50 Prozent sein, weil der Mobilitätsbedarf weiter wächst. Der Energieexperte Nebojsa Nakicenovic vom International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) in Laxenburg rät daher, zu klotzen statt zu kleckern: Notwendig sei ein Paradigmenwechsel mit dem Ziel, die gegenwärtigen Transportsysteme zu ersetzen, anstatt sie nur zu verbessern. Das sollte auch für den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) mit Bussen gelten.

Walter Böhme, Leiter Innovationsmanagement der OMV, erklärte bei den Alpbacher Technologiesgesprächen im Spätsommer 2008, dass zwar „normale“ Abgasemissionen nahe am Minimum seien, dem CO₂-Ausstoß jedoch nur durch den Umstieg auf kohlenstofffreie Kraftstoffe entgegengewirkt werden könne. Das bedeutet, bezogen auf den ÖPNV, dass Verkehrsbetriebe, die ihre Busflotten auf Fahrzeuge mit „schad-

stoffarmen“ Dieselmotoren, Erdgas- oder Flüssiggasantrieben umrüsten – und dies gern als „umweltfreundlich“ verkaufen – keinen wirklich substanziellen Beitrag zur Reduzierung der Treibhausgase leisten. Um den von Nakicenovic geforderten Paradigmenwechsel einzuleiten, führt kein Weg an elektrischen Busantrieben vorbei, denn nur mit ihnen sind „Zero-Emission-Fahrzeuge“ realisierbar. Dabei kann man auf ein bewährtes Verkehrsmittel mit mehr als hundertjähriger Tradition zurückgreifen: Auf den im deutschen Sprachraum als Obus bezeichneten Trolleybus. Obusse erleben weltweit eine Renaissance – bis dato aber noch nicht in Österreich.

Lokal abgasfrei und geräuscharm

Die Vorteile von Bussen mit Elektroantrieb fasste Reinhart Kühne vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) bei einer Tagung der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft Ende Juni 2008 in Berlin zusammen: Lokal abgasfrei und geräuscharm im Betrieb, wartungsarm und langlebig sowie – in einer Lebenszyklusbetrachtung – deutlich wirtschaftlicher als ein Dieselmotor. Hinzu komme das optimale Drehmoment des Elektromotors und die

Möglichkeit, mit Hilfe moderner Stromspeichertechnik – den als „Supercaps“ bezeichneten Hochleistungs-Kondensatoren – kurze Strecken auch ohne Fahrdraht zurückzulegen.

Die nachhaltige Sicherung der Mobilität setzt Innovationsfähigkeit voraus. Die Obus-Industrie kann auf bemerkenswerte, wenngleich meist unspektakuläre Erfolge bei der Suche nach neuen Technologien und deren Umsetzung in erfolgreiche Produkte verweisen. Hierzu zählen der extensive Einsatz von Leistungselektronik zur Antriebssteuerung und damit die weitere Optimierung der durch den Entfall eines Schaltgetriebes prinzipiell günstigen Drehmomentkurve, die Rückgewinnung von Bremsenergie, die Ausstattung mit Notfahrregulativen (meist ein als Generator arbeitender Dieselmotor oder Batterien bzw. Akkus) und die Verwendung automatisierter Stromabnehmersysteme.

Vossloh Kiepe etwa bietet unter der Bezeichnung „e-drive“ neueste Entwicklungen für die elektrische Traktion an. Das modulare Antriebssystem umfasst eine Vielzahl von Varianten für Solo-, Gelenk- und Doppelgelenkbusse zwischen 1 * 160 bis 250 Kilowatt (kW) und 6 * 80 kW. Als Energiespeicher werden neben Batterien auch „Supercaps“



Salzburg gilt als Obus-Hauptstadt Europas. Rund 80 Obusse legen jährlich insgesamt 4,6 Mio. km zurück und verringern die CO₂-Emissionen um 5600 t.

Der Schweizer Fahrleitungstechnik-Spezialist Kummeler + Matter bietet technisch ausgeklügelte Lösungen zur Stromversorgung von Obussen an: Einlaufweiche mit hoher Entdrachtungssicherheit (oben) und Streckentrenner ohne Unterbrechung der Stromversorgung.

mit 288 Kondensatoren in Serie angeboten. Sie haben eine nutzbare Energie von 500 Wattstunden (Wh), liefern eine Leistung von 270 kW sowie eine Spannung von 300 bis 700 V, und sie sind nur rund 350 kg schwer.

Die Schweizer Firma Hess hat 2003 ihren ersten 24 m langen Doppelgelenk-Niederflurrolleybus unter der Bezeich-

nung „lighTram“ vorgestellt. Mit 66 Sitz- und 122 Stehplätzen liegt das Platzangebot um 44 Prozent über jenem des 18 m langen, kleineren Bruders.

Intelligente Energiespeicher

Bombardier bietet mit dem Mitrac Energy Saver eine intelligente Energiespeicherlösung an, mit der Obusse, aber auch Straßenbahnen, bis zu einem Drittel ihres Energiebedarfs einsparen und Strecken ohne Oberleitung überbrücken können.

Die beim Bremsen generierte elektrische Energie wird auf dem Dach der Fahrzeuge gespeichert. Dort ist die Elektroausrüstung bei Wartungsarbeiten leicht zugänglich. Beim Anfahren steht zusätzliche Leistung für schnelles Beschleunigen zur Verfügung. Durch dieses als Rekuperation bezeichnete Prinzip reduziert sich der Energieverbrauch der Fahrzeuge um bis zu 30 Prozent. Bei konventioneller Rekuperation werden nur rund 15 Prozent der aufgenommenen Energie beim Bremsen zurückgewonnen; 25

Prozent entweichen als Wärme. Die Kapazität des modernen Energiespeichersystems ist beträchtlich: Mehrere hundert zusammengeschaltete Speicherzellen bilden eine Energiequelle, mit der, je nach Konfiguration, Wegstrecken bis zu 1000 m mit abgesenktem Stromabnehmer durchfahren werden können. Auf diese Weise lassen sich durch Baustellen oder Unfälle blockierte Straßenabschnitte umfahren.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Batterien ist der auf Doppelschicht-Kondensatoren basierende MITRAC Energy Saver leicht und kompakt. Dazu kommen noch weitere Vorteile: Die dem Netz entnommene Spitzenleistung verringert sich um 50 Prozent. Auch der Spannungsabfall über die Fahrleitung halbiert sich. Bei Neuanlagen braucht man daher weniger Unterwerke. Auf bestehenden Strecken können mehr Fahrzeuge eingesetzt werden, wodurch sich die Intervalle verkürzen. In schwachen Stromversorgungsnetzen muss die Beschleunigung nicht begrenzt werden, sodass kürzere Fahrzeiten möglich sind.

Weltweite Renaissance für den Obus

Der erste Obus wurde 1882 als „Elektromote“ von Werner von Siemens vorgestellt. In der Folge bestanden in Deutschland, über Jahrzehnte verteilt, bis zu 70 Obusbetriebe. Gegenwärtig sind es nur noch drei: Solingen, Esslingen und Eberswalde. In Österreich verkehrte das erste „elektrische Oberleitungs-Automobil“ von 1907 bis 1916 in Gmünd. Heute betreibt neben der Salzburg AG nur noch die Linz AG Linien Obusse. Weltweit verkehren derzeit in rund 370 Städten von 47 Staaten mehr als 40.000 Trolleybusse. Auf den Obus setzen derzeit unter anderem wieder Spanien, Italien, die USA, Schweden, Finnland, England und neuerdings auch Deutschland.

Moderne Oberleitungssysteme

Auch die Oberleitungssysteme – eine Domäne der Schweizer Firma Kummeler + Matter – werden ständig weiterentwickelt. Moderne Weichen haben eine geringe Bauhöhe und nur noch wenige mechanische Teile. Da keine Federn verwendet werden, kann es auch nicht zu Federbrüchen kommen. Die Weichen lassen hohe Fahrgeschwindigkeiten zu und sind gegen Entgleisungen – richtiger: „Entdrahtungen“ – geschützt. Ein Verstellen während der Fahrt ist praktisch ausgeschlossen. Moderne Streckentrenner können von Trolleybussen mit voller Leistungsaufnahme und ohne Unterbrechung der Stromversorgung befahren werden.

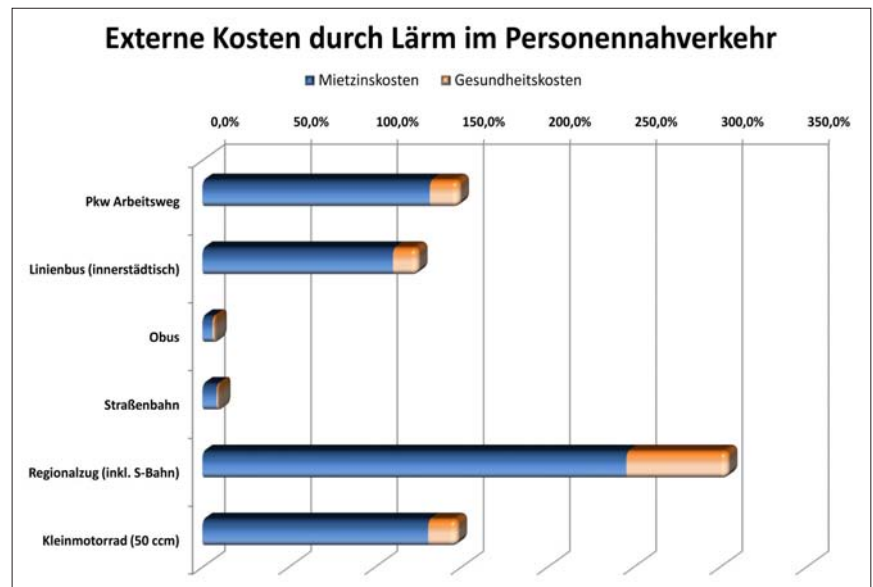
Die Stromabnehmersysteme sind auch für eine (wenngleich eingeschränkte) Rückwärtsfahrt ausgelegt und erlauben seitliches Ausweichen des Fahrzeugs um bis zu vier m. Das gewährleistet hohe Flexibilität. Neue Stromabnehmerstangen wiegen nur noch rund neun kg, die Stromabnehmerköpfe 1,55 kg.

Im Vergleich mit Dieselmotoren sind Elektroantriebe höher belastbar und dadurch etwa auf Steigungsstrecken den Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor überlegen. Fahrzeuggröße, Sitzplatzangebot, das Design und die Niederflertechnik von Obussen und Dieselfahrzeugen sind praktisch ident.

Ein weiterer Entwicklungsschwerpunkt sind automatisierte, spurgeführte Systeme auf der Basis von Trolleybussen, die als Guided Light Transit- (GLT-) Systeme bezeichnet werden.

Obus wird „kaputt geredet“

Trotz aller Fortschritte hat der Trolleybus immer noch ein Imageproblem. Arnulf Schuchmann von der S2R Consulting – ein auf Beratung im Verkehrs- und Logistikbereich spezialisiertes Unternehmen – vermutet in Behauptungen, Obusse seien teuer, unflexibel, altmodisch und unzuverlässig das Ziel, das System „kaputt zu reden“. Während die Umweltvorteile des Obusses unbestritten sind und die Vorurteile der mangelnden Flexibilität sowie der „Altertümlichkeit“ leicht entkräftet werden können,



Der Obus verursacht nur minimale externe Kosten durch Lärm. Extrem schlecht schneidet die Regionalbahn ab. (Bezugsgröße: Pkw/Einkaufsfahrt = 100%)

ist das „Killer-Argument“ der hohen Kosten schwerer zu widerlegen. Voraussetzung für eine seriöse Analyse ist die Bestimmung der Vergleichsbasis – die Straßenbahn oder der Dieselbus.

Die Straßenbahn sei, so Schuchmann, mit Infrastruktur- und Kapitalkosten für die Fahrzeuge stark fixkostenlastig, doch auch der Obus müsse sich seine Infrastruktur und die teureren – tendenziell jedoch durch Modulbauweise und Verwendung von Standardbauteilen billiger werdenden – Fahrzeuge „verdienen“. Obuslinien seien jedoch wesentlich rascher zu bauen als Straßenbahnen. Bei schienengebundenen Stadtverkehrssystemen dauerten Planung und Bau jeweils fünf bis zehn, bei Obussen hingegen nur ein bis zwei Jahre. Auch der Investitionsaufwand sei deutlich geringer, rechnete Schuchmann vor. Die Obus-Infrastruktur kostet ein Zehntel, der Fuhrpark ein Drittel gegenüber der Straßenbahn, die Betriebskosten sind um die Hälfte niedriger.

Gegenüber dem Dieselbus ist der Investitionsaufwand für den Obus systembedingt höher, da Fahrleitungen gebaut und Unterwerke zur Stromversorgung errichtet werden müssen. Dieser Nachteil wird jedoch durch die unterschiedlichen Amortisationszeiträume gemildert: Obusse versehen ihren Dienst 15 bis 20 Jahre; Dieselbusse erreichen

nach zehn bis zwölf Jahren das Ende ihrer Lebenszeit.

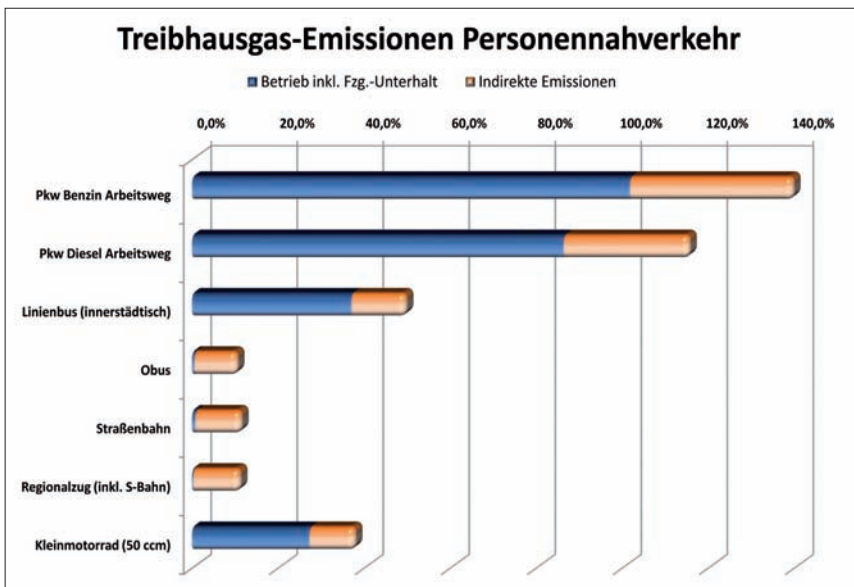
Im Vergleich des Betriebsaufwandes kann der Obus bei den Energiekosten punkten: Sie liegen um drei bis vier Prozent unter jenen von Dieselbussen und die Schere wird mit steigenden Kosten für fossile Energieträger absehbar weiter aufgehen. Derzeit wird dieser Vorteil noch durch den Aufwand für die regelmäßige Erneuerung des Fahrdrabes aufgewogen. Bei den Personalkosten bestehen kaum Unterschiede.

Unterm Strich – auf der Grundlage einer Vollkostenrechnung – ist der Obus zunächst leicht im Nachteil, schneidet jedoch laut Schuchmann ab einer jährlichen Laufleistung von 48.000 km besser als der Dieselbus ab.

Mehr Fahrgäste

Es müssen jedoch auch die Einnahmen und die externe Effekte betrachtet werden. Internationale Erfahrungen zeigen, dass die Fahrgäste den Komfort des Elektroantriebs – kaum Geräusche, sanftes Anfahren und Bremsen, keine Vibrationen – schätzen und den Obus daher verstärkt nutzen. Die Fahrgastzuwächse gegenüber dem Dieselbus liegen bei 15 Prozent.

Bei den externen Effekten stehen der primäre Energieträger und der Energieverbrauch sowie der Schadstoffausstoß



Kein anderes Fahrzeug im Personennahverkehr emittiert so wenig Treibhausgas wie der Obus. Auch die Straßenbahn und die Regionalbahn liefern günstige Werte. (Bezugsgröße: Pkw/Einkaufsfahrt = 100%)

im Vordergrund. Wird der Traktionsstrom aus regenerativer Energie –insbesondere aus Wasserkraft –gewonnen, fährt der Obus „CO₂-frei“. Auch die beim Verbrennungsprozess von fossilen Kraftstoffen unvermeidlichen – wenn gleich heute bereits deutlich reduzierten oder herausgefilterten – Schadstoffe wie Stickoxide (NO_x), Kohlenwasserstoffe (HC) oder Partikel entstehen nicht oder nur in geringen Mengen. Ökologisch ist daher der Obus dem Diesel-, Erdgas- oder Flüssiggasbus deutlich überlegen. Für den Obus spricht weiters, dass die relative Unfallhäufigkeit deutlich unter jener von Dieselnissen liegt.

Natürlich können Obussysteme nicht „um jeden Preis“ errichtet werden, auch wenn man volkswirtschaftliche Überlegungen neben betriebswirtschaftlichen Kriterien berücksichtigt. Öffentliche Verkehre in Ballungsräumen mit mindestens 40.000 bis 50.000 Einwohnern sollten prinzipiell untersucht werden. Trolleybusse können bestehende Systeme erweitern, Straßenbahnnetze ergänzen oder Dieselnissenverkehre dort ersetzen, wo Fahrgastzahlen steigen, sich jedoch der Bau einer Straßenbahn nicht rechnet.

In der rund 500.000 Einwohner zählenden Stadt Leipzig überlegt man, Obusse wieder einzuführen und damit das Straßenbahnnetz mit 14 Linien zu

ergänzen. Die Ergebnisse einer Machbarkeitsstudie zur Umstellung von zwei stark frequentierten Buslinien sollen im 1. Quartal 2009 vorliegen. „Elektrisch angetriebene Fahrzeuge können langfristig wirtschaftlich kalkulierbar betrieben werden“, erklärte der Geschäftsbereichsleiter Technische Dienste der Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB), Eberhard Nickel, kürzlich bei einer Tagung über „Neue Horizonte im Stadtverkehr“ in Zürich.

Salzburg, nach eigenen Angaben die Obus-Hauptstadt Europas, betreibt gegenwärtig eine Flotte von mehr als 80 Fahrzeugen, die jährlich insgesamt rund 4,6 Mio. km zurücklegen. „Das bedeutet, dass der Obus Jahr für Jahr die CO₂-Emissionen um rund 5600 t senkt“, resümiert der Verkehrsdirektor der Salzburg AG, Gunter Mackinger.

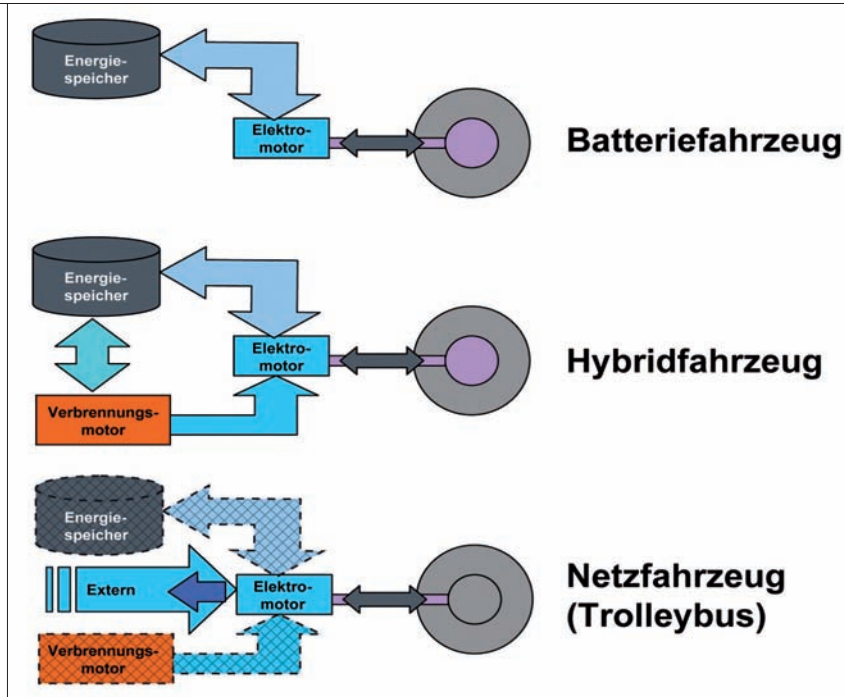
Hybridantriebe als Alternative?

Der Oberleitungsbus ist indes nicht die einzige Form des elektrischen Antriebs: Bei der Internationalen Automobilausstellung (IAA) Nutzfahrzeuge Ende September 2008 in Hannover wurden Stadtbusse mit Hybridtechnologie – der Kombination von Verbrennungs- und Elektromotor – vorgestellt. Deren Hersteller versprechen bis zu 30 Prozent weniger Verbrauch, doch das ist in der Praxis (noch) nicht zu erreichen. So lag etwa

beim Stadtbus Urbino 18 Hybrid von Solaris, der seit 2006 von mehreren deutschen Verkehrsbetrieben eingesetzt wird, die Einsparung gegenüber der Diesel-Variante bei höchstens 15 Prozent. Die Stadtwerke Dresden hatten auf einen Verbrauchsvorteil von 25 Prozent gehofft und für diesen Fall mit einer Amortisierung der Mehrkosten von 140.000 € nach zwölf Jahren – also gegen Ende der Lebensdauer – gerechnet. Erst die mittlerweile am Markt eingeführte zweite Generation des Modells mit einem 178 kW-Motor statt des ursprünglichen 243 kW-Aggregates und zwei 75 kW-Elektromotoren sowie einer konventionellen Nickel-Metallhydrid-(NiMH-)Batterie als Energiespeicher erreicht tatsächlich eine Verbrauchsreduktion um 24 Prozent. Nach Herstellerangaben soll sich der Bus bei 60.000 km jährlicher Fahrleistung nach sechs Jahren amortisieren.

Wettbewerbsfähig gegenüber Dieselnissen werden Hybridfahrzeuge derzeit nur mit einer Anschubfinanzierung durch die Öffentliche Hand, denn „ein Hybrid-Bus ist grundsätzlich ein Drittel teurer als die konventionelle Variante“, erläuterte Raimund Grammer von der Daimler-Nutzfahrzeugsparte und räumte ein, dass Hybridbusse die höheren Anschaffungskosten im Fahrbetrieb nicht wettmachen können. Die Region Hannover etwa förderte den Kauf des 470.000 € teuren Solaris Urbino 18 Hybrid mit 80.000 €.

Mercedes hat bereits vor einem Jahr den Gelenkbus Citaro G BlueTec-Hybrid vorgestellt, dessen 218 PS starker Dieselmotor als Generator arbeitet und den erzeugten Strom einerseits zum Antrieb von vier Radnabenmotoren, andererseits – gemeinsam mit der beim Bremsen zurückgewonnenen und in Strom umgewandelten Energie – in den am Fahrzeugdach angebrachten Lithium-Ionen- (Li-Ion-) Batterien speichert. Mit den geladenen Batterien ist bei abgeschaltetem Dieselmotor zumindest abschnittsweise – kaum jedoch länger als drei oder vier km – ein reiner Elektrotrieb ohne lokale Emissionen möglich. Das Konstruktionsprinzip ist nicht nur komplex, sondern verursacht auch hohe



Elektrische Antriebssysteme im Vergleich: Ausschließlich batteriebetriebene Busse werden sich wohl erst durchsetzen können, wenn Speicher mit hoher Energiedichte und entsprechender Leistung verfügbar sind. Hybridfahrzeuge reduzieren zwar den CO₂-Ausstoß, sind jedoch nur eine „halbe Lösung“. Obusse werden – abgesehen von den seltenen Fahrten mit einem Hilfsaggregat – praktisch mit „Zero Emission“ betrieben.

Kosten: Li-Ion-Batterien für Nutzfahrzeuge sind – sofern überhaupt am Markt erhältlich – derzeit von Kunden noch kaum zu bezahlen.

Über solche Probleme tröstet man sich bei Mercedes mit der Hoffnung, den Dieselmotor künftig durch eine Brennstoffzelle ersetzen zu können oder einen

Erdgas-Hybrid zur Serienreife zu bringen. An die Rückkehr zum Trolleybus mit einer wesentlich einfacheren Antriebstechnik denkt man offenbar nicht.

Auch Volvo kündigt einen Hybrid-Stadtbus mit Li-Ion-Batterie an. Sie soll bei einer Spannung von 600 V eine Energiemenge von 4,8 kWh liefern. Den fünf-Liter-Dieselmotor mit 185 kW ergänzt ein 70 kW- Elektromotor. Der Kraftstoffverbrauch soll gegenüber der Diesel-Variante um 20 bis 30 Prozent sinken.

Allen aktuellen Hybrid-Entwicklungen ist eines gemeinsam: Sie mindern das Problem der CO₂-Emissionen, aber sie lösen es nicht. Alternative Antriebssysteme ohne Treibhausgasemissionen werden voraussichtlich nur auf der Basis von Wasserstoff als Kraftstoff für Verbrennungsmotoren oder als Energieträger für Brennstoffzellen realisiert werden können. Bis die hierfür notwendigen Technologien marktreif und die erforderlichen Infrastrukturen aufgebaut sind – niemand weiß genau, wann das sein wird – bleibt der Trolleybus neben der Straßenbahn das „klimafreundlichste“ innerstädtische Transportmittel.

Technik news