

Landshut, 9.–11. September 2012

Die Landshuter Omnibustage

von Dr.-Ing. E.h. Harry Hondius, Dipl.-Ing. ETHZ, Beaufays, Belgien



1. Der Iveco-Citelis-Hybridbus mit BAE-Ausrüstung Aufnahme: H. Hondius



2. MAN Lion's City Euro VI mit Siemens-Ausrüstung Aufnahme: H. Hondius

Die Hochschule Landshut, eine Fachhochschule mit 3800 Studierenden, verfügt über moderne Laboratorien, wo Verbrennungsmotoren getestet werden, und einen Rollenprüfstand für Nutzfahrzeuge. Ein Hamburger Citaro-Brennstoffzellenbus der ersten CUTE-Generation wird z.Z. von den Studenten in einen Batteriebus umgebaut. Das Thema der Tagung, die von ca. 70 Vertretern aus der Fahrzeugindustrie und von Busbetreibern aus Deutschland, Frankreich, Italien, Luxemburg, den Niederlanden, Schweden und der Schweiz besucht wurde, war: „Linienbustechnik auf dem Weg zu Euro VI und darüber hinaus.“ Prof. Dr.-Ing. Ralph Pütz, ehemaliger Bereichsleiter Bus des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) und VDV-Berater trat als Organisator und Moderator auf.

Prof. Müller-Hellmann, großer Bekenner zur E-Mobilität, hielt den Eröffnungsvortrag: „Ist die E-Mobilität ein ernst zu nehmender Konkurrent zum etablierten Verbrennungsmotor?“, den Herr Vana von Viseon in seinem Schlussvortrag aufgriff mit: „Auf dem Weg zur Elektromobilität: das Project AXXE.“

Über ihre Verbrennungsmotor- und Hybridtechnologien referierten Vertreter von Volvo und Irisbus, über deren Praxiseinsatz die Wiener Linien und die BVG Berlin. Über den Werdegang der Typprüfungsvorschriften für Motoren schwerer Nutzfahrzeuge („Euro-Grenzwertstufen“) sprach Herr Kleinebrahm vom TÜV Nord, Prof. Gärtner von Daimler berichtete über die Wirkung der Filter (wohin mit der Asche?) unter den besonderen Bedingungen im Linienverkehr mit niedrigen Abgastemperaturen, und die Firma HJS zeigte Umbaumöglichkeiten von Euro-3- und Euro-4-Motoren zu EEV- und eventuell „Near Euro VI“-Maschinen auf. DAF Trucks präsentierte eine Übersicht der Wechselwirkungen bei der Kombination unterschiedlicher Verbrennungsmotor- und Kraftstoffoptionen hinsichtlich Umwelt-, Wirtschaftlichkeits- und Verfügbarkeitskriterien. MAN und Irisbus berichteten über Erdgasmotoren, Shell über Anforderungen an Kraft- und Betriebsstoffe für Euro-VI-Motoren und Herr Eberwein, BVG, über Erfahrungen mit Wasserstoff-Verbrennungsmotoren in Berlin und ein mögliches Hybridbusprojekt mit einem Wasserstoff-Verbrennungsmotor von Magna-Alset.

Ein Lion's City Euro VI (Abb. 1), ein Volvo 7700 H (Abb. 2) und ein Irisbus Citelis Hybrid mit BAE-E-Ausrüstung (Abb. 3) waren ausgestellt. Die Teilnehmer wurden mit einem Viseon-C11-Bus befördert.

Wir versuchen eine kurze Zusammenfassung der Tagungsinhalte zu bieten.

E-Mobilität: Prof. Müller-Hellmann hat einen festen Glauben an die Segnungen der E-Mobilität. Für ihn ist der Verbrennungsmotor eine aussterbende Art (Abb. 4) und ein Elektromotor der ideale Antrieb (Transportverluste?). Er setzt hauptsächlich auf Offshore-Windkraft, denkt an 6-

7-MW-Anlagen (heute eher 2–3 MW), die 4800 Betriebsstunden (?) pro Jahr haben könnten, und glaubt fest daran, dass die erneuerbaren Energien in genügender Menge und Qualität vorhanden sein werden, um eine umweltfreundliche und wirtschaftliche Stromerzeugung in der Nach-Nuklear-Ära zu ermöglichen. Bestehende Gleichstromverteilnetze von Straßenbahnbetrieben könnten zum Aufladen von Batterie-Fahrzeugen dienen. Standardkupplungen für AC- oder DC-Ladungen sind bereits vorhanden (Abb. 4). Somit könne der ÖPNV mit Straßen-/Stadtbahnen das Rückgrat der Elektrifizierung vor allem des Individualverkehrs, aber auch von Linienbussen sein. Prof. Pütz sieht ebenfalls den Weg in die Elektromobilität vorgezeichnet, betont jedoch die durchaus unterschiedlichen Interpretationsmöglichkeiten hinsichtlich der Zeitachse dieses Paradigmenwechsels.

Die Euro-VI-Dieselmachine ist ein hoch entwickeltes Produkt, das in puncto Umweltschutz wohl einen Höhepunkt der Technologie darstellt. Mit Ausnahme von Iveco verwenden alle Hersteller eine Kombination von AGR und SCR-Methoden, um zu den gewünschten, vorgeschriebenen Stickoxid-Werten zu kommen. Durch den mit EURO VI erstmals eingeführten Partikelzahlen-Grenzwert wird ein Partikelfilter unverzichtbar sein. Es muss insgesamt viele hunderte von Millionen Euro gekostet haben, um zu diesem Entwicklungsstand zu kommen. Offen ist, ob der Euro-VI-Betrieb einen etwas höheren Verbrauch aufweisen wird als Euro V. Die



3. Downsized D5-Motoraggregat des Volvo 7700 H Aufnahme: H. Hondius

Tschüss, Diesel!

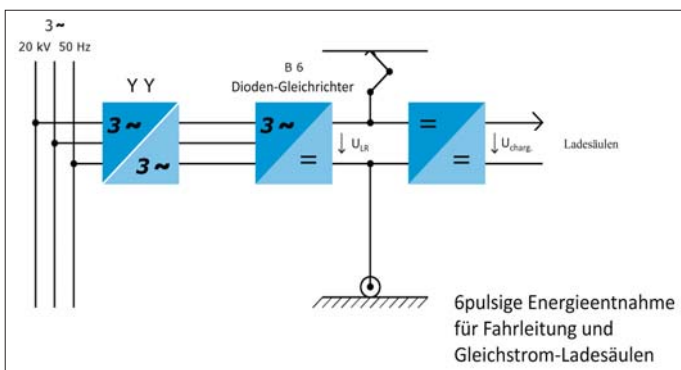
MOBILITÄT | Dieselaautos gelten als robust, sparsam und zuverlässig. Doch sie zehren vom guten Ruf vergangener Tage. Tatsächlich werden sie immer empfindlicher, verbrauchen me

Glaube nicht, dass wir ohne zu fragen eine Grafik aus der Wirtschaftswoche drucken dürfen, auch wenn wir sie vom VDV erhalten haben.



4. Tschüss, Diesel

Abbildung: VDV



5. Klassische moderne Energieversorgung einer Straßenbahn, die für das Laden von Batterien verwendet werden könnte

Abbildung: VDV

Combo2-Stecksystem

Die deutsche Automobilindustrie hat sich auf diesen Standard verständigt, der im Frühjahr 2013 eingeführt werden soll. Er ermöglicht eine schnelle Aufladung durch hohen Gleichstrom.

Parameter	Inlet
AC-Teil Typ 2	
Nennspannung	480 V
Nennstrom 3-/1-phasig	Bis zu 63 A
DC-Teil	
Nennspannung	850 V
Nennstrom	Bis zu 200 A



6. Standard-Stecksystem Combo2 für DC und AC

Abbildung: VDV

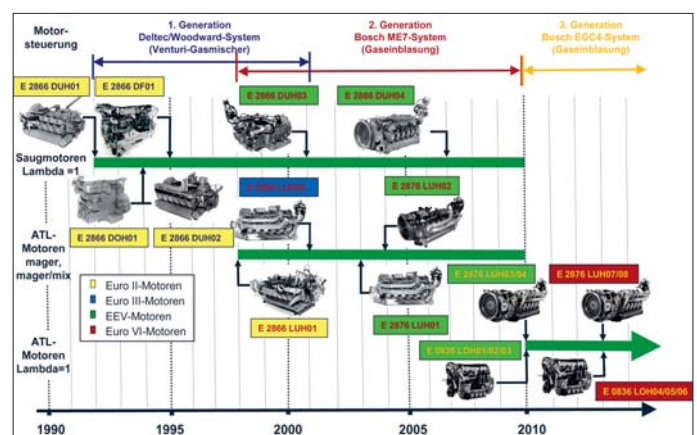
Interpretation unterscheidet sich von Hersteller zu Hersteller. Einige Anbieter haben durch eine leichtere Buskonstruktion das Mehrgewicht der Euro-VI-Anlage kompensiert. Das einzige Problem, das noch nicht geklärt ist, ist die Lärmentwicklung nach außen hin. Erdgasmotoren haben hier die Reputation stiller zu sein. Der hochtechnologische Euro-VI-Motor ist mit einer chemischen Fabrik gekuppelt, die einen größeren Umfang haben kann als die Motor-/Getriebe-Kombination. Neu ist, dass dieses System sich selber überwacht, und die Leistung vermindert, wenn der Ausstoß nicht mehr den gewünschten Werten entspricht; dies kann zum Stillstand führen – mit noch nicht abschätzbarem Einfluss auf die Betriebskosten! Wir haben ausführlich über die neuen Euro-VI-Motoren von Mercedes-Benz und MAN berichtet. Iveco erreicht die gewünschten Werte, indem man bei SCR bleibt und die Ad-Blue-Dosen erhöht. Die Busworld 2013 wird der Moment sein, da alle Hersteller ihre Euro-VI-Motoren präsentieren, denn ab 1. Januar 2014 werden keine Fahrzeuge ohne Euro-VI-Motoren mehr zugelassen. Abbildung 7 zeigt die Zusammenfassung der

Zusammenfassung und Ausblick

- Der Ascheakkumulation durch verbranntes Schmieröl und Kraftstoff überschreitet die Speicherkapazität von Partikelfiltern im Nutzfahrzeug um ein Vielfaches
- Eine periodische Reinigung des Partikelfilters ist zwingend erforderlich. Luftreinigung ist schonender als Flüssigreinigung. Flüssigreinigung ist gründlicher als Luftreinigung.
- Hinsichtlich der Eintragswege besteht noch erheblicher Forschungsbedarf insbesondere für Partikel, die über die Ansaugluft oder in Folge von Abrieb/Verschleiß in das Filter gelangen
- Ziel aktueller Weiterentwicklung ist eine exakte Bestimmung der Aschebelastung im Fahrbetrieb und damit die Möglichkeit der Einführung flexibler Reinigungsintervalle
- Hinsichtlich der Filtertechnik geht die Entwicklung in Richtung „dünnwandiger“ DPF mit erhöhter Aschespeicherkapazität und damit verlängerten Reinigungsintervallen.

7. Asche in den Filtern, kein einfaches Problem

Abbildung: Daimler



8. Die Erdgasmotor-Entwicklung von MAN

Abbildung: MAN

Otto Motor, basierend auf Cursor8 Diesel Block
 Spezielle Kolben, anderes Verdichtungsverhältnis, selber Hubraum (7.8 l)
 Zylinderkopf vom Cursor 9, Fremdzündung
 Multipoint Gaseinspritzung direkt vor das Einlassventil
 Milde Aufladung (1bar), elektronisch gesteuertes Wastegate
 Intercooling
 Spezielle Zylinderkopfkühlung im Bereich der Zündkerzen
 Extrakühlung der Turbolager
 Monovalent, automatische Anpassung an Methangehalt zwischen 80 und 100%
 Stöchiometrische Verbrennung (Lambda 1)
 Geregelter 3 Wege Kat
 Fiat Power Train In-House EMS
 Keine Abgasbehandlung zum Erreichen der Euro VI Werte



9. Der Iveco-Cursor-Erdgasmotor

Abbildung: Iveco

Asche-Problematik bei den Reinigungsfiltern. Asche entsteht aus der Ansaugluft, den Brennstoffen und vor allem aus den Schmierölen.

MAN (Abb. 8) und Iveco (Abb. 9) zeigten ihre Erdgasmotorentwicklungen. Hinsichtlich der Umweltwirkungen ist der Unterschied zwischen den Euro-VI-Gas- und Euro-VI-Dieselmotoren offenbar wirklich minimal (Abb. 10), so dass sich die Frage nach der Nützlichkeit des Gasantriebs stellt. Als Erdgas in den 60er Jahren in Europa eingeführt wurde, ersetzte es leichtes Öl, weshalb das Preisniveau an das des Heizöls gekoppelt wurde. Heute, in einer ganz anderen Zeit, wo es Spotlieferungen von Erdgas gibt, ist diese Kopplung längst überholt, sie wird aber in vielen europäischen Ländern beibehalten, gegen zunehmenden Widerstand. Im Jahr 2011 bezahlte der Autor 0,81 EUR pro m³ hochkalorisches Gas, bei einem durch-

Emissionsvergleich Diesel Euro VI – Erdgas Euro VI

Ergebnisse Messfahrten in Wien mit der TU Graz

- **NO_x** Diesel Euro VI wesentlich besser als Erdgas Euro VI
- **NO₂** Diesel Euro VI gleichwertig mit Erdgas Euro VI
- **Ruß** Diesel Euro VI mit geschlossenem Partikelfilter gleichwertig mit Erdgas Euro VI
- **CO** Erdgas Euro VI besser als Diesel Euro VI
- **HC** Diesel Euro VI wesentlich besser als Erdgas Euro VI
- **CO₂** Diesel Euro VI wegen Abgasnachbehandlung (Verschlechterung gegenüber Euro V) nun Annäherung an Erdgas Euro VI

Stellungnahme TU Graz

Die zuletzt durchgeführten Messungen bestätigen, dass ein entsprechend ausgewähltes, modernes Diesel-Stadtbuskonzept zum jetzigen Zeitpunkt der geeignetste Ansatz zur Umsetzung von emissionsarmen, öffentlichen Verkehr im urbanen Gebiet, unter den hier geschilderten Randbedingungen darstellt. Vor allem die Ergebnisse des EURO VI Konzeptes zeigen, dass die für den Dieselmotor kritischen Emissionsgrößen Partikel und Stickoxide bei modernen Dieselmotorkonzepten keinen Nachteil mehr gegenüber ottomotorischen Anwendungen darstellen.

10. Emissions-Vergleich Diesel Euro VI mit Erdgas Euro VI der Wiener Linien

Abbildung: Wiener Linien

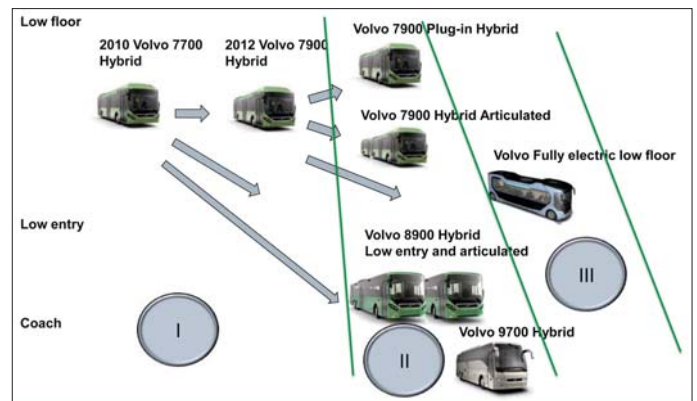
schnittlichen Heizölpreis, der etwa 15 % höher lag. Erdgas scheint daher, angesichts der Tatsache, dass die Motoren und ihre Gasausrüstung das Ganze doch recht verteuern, nur dann interessant zu sein, wenn der Erdgaspreis gegenüber Dieselöl substantiell sinken würde.

Die BVG, Berlin, hat nicht nur eine Anzahl von MB-Hybridbussen O 405 NH mit ZF-Antrieben der 90er Jahre aus den Niederlanden und dem Allgäu geholt und damit wertvolle Erfahrungen gesammelt, die letzten gehen jetzt außer Betrieb, sie hat auch Erfahrungen mit Wasserstoff-Verbrennungsmotoren (Abb. 11), die 175.000 km zurückgelegt haben, gemacht. Dies führte dazu, dass die BVG jetzt plant, einen Wasserstoffmotor-Hybridbus zu bauen (Abb. 12). Den Antrieb wird ein Ford-V8-Mo-

tor von 6,2 l Hubraum mit Turbolader bilden. Der Wasserstoff wird in die Sauganlage eingespritzt. Der Bus würde dann einen Zubringerdienst zum neuen Großflughafen besorgen und dort tanken können. 900.000 EUR für 18,2 x 2,55 m macht 19.392 EUR/m², der untere Trampreis! Der Ausstoß der H₂-Motoren ist wirklich minimal.

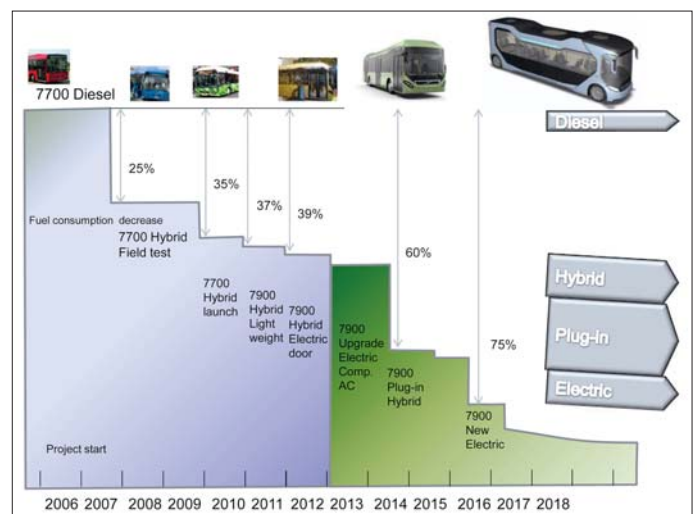
Zu erwarten ist, dass die EU-Autoritäten jetzt ihre Aufmerksamkeit auf eine Verminderung des CO₂-Ausstoßes richten werden. Hier werden die hybriden Antriebe ihre Rolle spielen müssen. Eine gesicherte Ersparnis von 20 % und mehr auf Ganzjahresbasis würde ein massiver Schritt in die richtige Richtung sein.

Allison ist mit über 5000 Einheiten seiner leistungsverzweigten HP40- und HP50- Getriebe sicherlich der Marktführer, in Europa sind Optare, Solaris und Phileas Allison-Adepten. Es folgt BAE mit 3000 Anlagen in den USA (Orion VII) und Lieferungen in England an Alexander Dennis für den Enviro 400 und in Frankreich an Iveco Irisbus. Wie hoch die Ersparnisse in den USA sind ist nicht bekannt. In Europa dürften 15 % mit Allison einen optimalen Wert darstellen. BAE bringt es nach allen Berichten auf > 20 %. Siemens beliefert u.a. MAN, MB, Van Hool und Wright mit seriellen Anlagen und soll sich auch im 20-%-Club befinden. Eaton mit seinem Parallelantrieb ebenfalls. Der europäische Marktführer ist Volvo mit seinem eigenen Parallelhybridsystem. Volvo hat 288 Busse in Betrieb und Aufträge für 756 Fahrzeuge. Fest dürfte stehen, dass mehr als 25 % Ersparnis im Vergleich zum Volvo 7700 erreicht werden. Der Volvo 7900 wird durch diese Stückzahlen und einen Mehrpreis von ca. 70.000 EUR wahrscheinlich der Erste sein, den man ohne Subventionen kaufen kann, weil er sich durch die Brennstoffkostenersparnis selber über die Lebensdauer finanziert. Die Abbildungen 13 und 14 zeigen, wie Volvo sich die weitere Ent-



13. Volvos langfristige Bus-Hybridplanung. In drei Schritten plant man die Entwicklung bis zum Batteriebus. Der letzte Schritt dürfte 2017 erfolgen.

Abbildung: Volvo



14. Senkung des am Bus gemessenen Energieverbrauches umgerechnet in kWh. Die Plug-in-kWh werden als solche gezählt ohne Rücksicht auf die Verluste zwischen Stromerzeugung und Messpunkt! Diese kWh-Werte können sich verdreifachen.

Abbildung: Volvo

Das HyFLEET:CUTE Projekt

- EU-Förderprojekt 01/2006 - 12/2009
- Betrieb und Instandsetzung von 14 MAN mit Wasserstoff betriebenen ICE Bussen
 - 4 Busse mit ICE Saugmotor, 150 kW
 - (Folgeförderung in CEP 2 ab 01.01.2010)
 - 10 Busse mit aufgeladenem ICE, 200 kW,
 - Projektabbruch durch MAN
- Buswerkstatt für Wasserstoffanwendungen
- Umfangreiches Messprogramm in Kooperation mit den anderen Projektpartnern.



11. Die Berliner Wasserstoff-Verbrennungsmotor-Busse

Abbildung: BVG

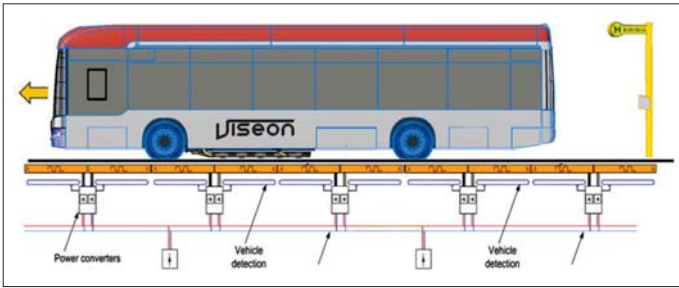
Geplantes Projekt : Wasserstoff Hybrid – Gelenkbus

- Beginn 2013: Test und Betrieb einer neuen Generation von **Wasserstoff-Bussen mit Verbrennungsmotor, elektrischem Antrieb** für effizientes und leises Anfahren
- Betrieb: von bis zu 5 Zubringerbussen für den BER Flughafen
- Kosten je 18m Bus: 900Tsd.EUR
- Projektpartner: Vossloh-Kiepe, Solaris, Alset



12. Projekt eines BVG-Hybridbusses mit Zweichsantrieb und einem Wasserstoff-Verbrennungsmotor als Hauptantriebsquelle

Abbildung: BVG



15. Fahrende oder stationäre induktive Primove-Ladung mit absenkbaren Pickups bis auf Straßenniveau und einem Viseon-LN12-Fahrzeug (12 x 2,55 m) mit Bombardier-Ausrüstung. Angestrebt wird ein, in Abhängigkeit von der Bodenbeschaffenheit, möglichst geringer Abstand zwischen Pickup und Fahrbahn, um eine gute Energieübertragung zu erreichen. Abbildung: Viseon



16. Der Viseon-LN12-Batteriebus als Versuchsträger. Von rechts nach links: Li-Ion-Batterien, Kühlung für Batterien, BT-Wechselrichter, Kühlung für Wechselrichter, Primove-Kühlung, Klimaanlage, Luftpresser Aufnahme: Viseon

wicklung vorstellt. Zuerst eine weitere Verbesserung der elektrischen Hilfsantriebe, dann eine Plugin-Version des 7900 und schließlich wahrscheinlich ein Batteriebus. Auch Viseon und Bombardier haben, basiert auf einem Neoplan-Trolleybus, einen Batteriebus entwickelt, der in Augsburg auf der Primove-Teststrecke erprobt werden soll. Die ZF/Siemens-Achse AV 130 wird über Bombardier-MITRAC-eBus-Wechselrichter aus Li-Ion-Batterien gespeist (Abb. 14, 15).

Fazit

- Eine technologisch hochinteressante Tagung, die zeigte was die dieselbetriebene Busindustrie alles investiert, um zu sauberen und sparsamen Bussen zu kommen. Chapeau. Nun sollte es noch gelingen, die Motoren leiser zu machen.
- Interessant ist die Fortsetzung der Versuche mit Wasserstoffmotoren als Alternative zur Brennstoffzelle.
- Erdgas als Motorbrennstoff dürfte nur dann eine Zukunft haben, wenn der Erdgaspreis sehr viel günstiger wird als der Dieselpreis.
- In einer beispiellosen DDR-ähnlichen Einzelaktion hat die Bundeskanzlerin vierzehn Tage vor der Wahl in Baden-Württemberg in 2011, ohne jegliche Konzertation mit den Nachbarländern oder mit den privaten Elektrizitätsproduzenten E.ON, RWE und Vattenfall, die Stilllegung von sieben Kernreaktoren veranlasst. Eine 180°-Kehrtwendung, die den Grünen das Anti-Atom-Monopol abspenstig machte. Die sieben Reaktoren produzierten die Basislast (ca. 6500 h) für etwa 11 Mio. Einwohner. Bis 2022 sollen die restlichen Kernreaktoren außer Betrieb gesetzt werden, insgesamt dann 21 GW oder die Basislast für 33 Mio. Menschen. Diese, kein CO₂ produzierenden Maschinen durch andere rechtzeitig zu ersetzen und dann immer noch ein stabiles 50-Hz-System zu haben, wird eine sicherlich sehr schwer zu lösende Aufgabe sein (Sonne 1000 h, Landwind 1800-2000 h, Meereswind bis 3700 h, Prof. Mül-

ler-Hellman erwähnte 4800 h?). Die sog. Energiewende wird unendliche Summen kosten, der Strompreis wird stark steigen müssen und für viele Jahre wird der Dieselmotor die mit Abstand bessere Umweltalternative für das mobile Deutschland sein! Der Strommix aus Braunkohle- und Steinkohlewerken, ergänzt durch Gas-Dampfkraftwerke und die erneuerbaren Energien, wird noch lange schlechtere CO₂-Werte zur Folge haben, als wir vor dem Sommer 2011 hatten und als moderne Pkw- und Lkw-Motoren. Die föderale Struktur des Landes hilft auch nicht gerade um mal schnell 800-KV-DC-Leitungen oder Kabel von Nord- nach Süd zu legen. Man versucht, sich die Lasten gegenseitig zuzuschieben – Nimby, wie die Angelsachsen sagen (not in my backyard)!

- Natürlich würde die E-Mobilität die spezifische Luftqualität in Innenstädten verbessern und möglicherweise das Lärmniveau senken. Der Reifenlärm bleibt!
- Die Energiewende sollte ein Segen für die technologische Entwicklung der deutschen Industrie sein. Woher stammen dann die Solarpaneele? Und die Batterien? Ist nicht VESTA (DK) der größte Windkraftanlagen-lieferant?
- Aber auf dem Gebiet der Dieselmotoren, da ist Deutschland topp!
- Es gibt viel Interesse, im kleinen Rahmen Versuche mit Batteriebusen zu machen.

Es erscheint alles andere als empfehlenswert, zum jetzigen Zeitpunkt die Beschaffung von Batteriebusen zu forcieren. Schreibt man sie europäisch aus, wie man das auf der Watteninsel Schiermonnikoog (NL) gemacht hat, dann wird ein chinesischer Bushersteller den Auftrag bekommen. Sie nicht zu präqualifizieren wird bilateral von den Chinesen, die für die deutsche Wirtschaft (noch) so wichtig sind, nicht akzeptiert werden. Signifikant: Die Kanzlerin ist gegen eine EU-Untersuchung bezüglich Dumpingpreisen der chinesischen Solarmodule. Es wird den Chinesen bald gelingen, einen den EU-Normen-gerechten Bus zugelassen zu bekommen. Als dieser Autor im Mai 2008 seine 5,6-kW-Solarpaneele erhielt, stammten sie zu seinem Erstaunen aus China, obwohl 60 km von ihm entfernt, in Tongeren (B), ein brandneues Solarmodulwerk stand. Inzwischen geschlossen! Die Wechselrichter stammen von SMA, Kassel. Die 5,6-kW-Solaranlage liefert pro Jahr 5600 kWh = 1000 Volllaststunden. ■ ■

Literatur

www.regenerative-zukunft.de/erneuerbare-energien-menu/windenergie