



Hybridbusse im VRR 2009 – 2012

Erfahrungen aus der Förderung von Hybridbussen, Erfahrungen der Verkehrsunternehmen und Ergebnisse der Forschungsbegleitung für den Einsatz von Hybridlinienbussen im Verkehrsverbund Rhein-Ruhr



Konsortialpartner



Verkehrsunternehmen



Hersteller





« Martin Husmann, Vorstandsprecher der VRR AöR

Liebe Leserinnen und Leser,

als im Jahr 2009 die ersten Hybridbusse aus unserem Förderprogramm ausgeliefert wurden, waren diese noch Vorserienfahrzeuge und ausgesprochene Exoten. Heute belegen Großbestellungen aus Metropolräumen wie London, dass diese Technologie sinnvoll und wirtschaftlich einsetzbar ist. Genau dies war die Absicht, die wir gemeinsam mit den Verkehrsunternehmen im VRR verfolgten, als wir angesichts der Ausweisung von Umweltzonen das Förderprogramm aufstellten. Wenn auch das Zwischenfazit der Unternehmen nicht ausschließlich positiv ausfällt, können wir doch feststellen: Der Markt für Hybridbusse ist in Gang gekommen, die Hersteller haben einsatzbereite Fahrzeuge im Angebot.

Das Förderprogramm des VRR für Hybridbusse wurde nach drei Jahren und einer Gesamtfördersumme von etwa 30 Millionen Euro beendet. Noch wird im Verbundraum des VRR die größte Hybridbusflotte in Deutschland betrieben und unsere Unternehmen können sich als Pioniere und Experten im Umgang mit der Technologie bezeichnen. Die vom VRR geförderten Fahrzeuge werden noch einige Jahre im Betrieb sein und weiter Informationen und Erfahrungen liefern. Daher ziehen wir ein positives Fazit und bedanken uns gleichzeitig bei allen beteiligten Partnern.

Dies sind in erster Linie die sechzehn Verkehrsunternehmen, die mit großem persönlichem und finanziellem Aufwand wesentlich zum Erfolg des Projektes beigetragen haben. Dazu gehören auch die Mitarbeiter des Instituts für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen University und vom TÜV Nord, mit deren Hilfe die Erfahrungen des Hybridbuseinsatzes fundiert wissenschaftlich belegt werden können. Und dazu gehören auch die fünf Hersteller, deren Fahrzeuge im Projektzeitraum zum Einsatz kamen.

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'M. Husmann'. The signature is fluid and cursive.

Martin Husmann



Hybridbusse im VRR

Ab dem August 2008 wurde anlässlich der Einführung von Luftreinhalteplänen und der hieraus resultierenden Einrichtung von Umweltzonen intensiv über die Erneuerung der Busflotten oder über Forschungsprojekte zu alternativen Kraftstoffen diskutiert – insbesondere bei den Verkehrsunternehmen der Region.

Anfänge der Hybridbus-Förderung

Um diesen Diskussionen in der Praxis Wirksamkeit zu verleihen, handelte der VRR in seiner Funktion als Bewilligungsbehörde für Landesmittel nach § 12 ÖPNVG NRW. Im März 2009 wurden Hybridbusse als Innovative Projekte zur Verbesserung des ÖPNV“ in den Förderkatalog aufgenommen. Für 2009 und 2010 wurden rund 10 Mio. Euro zur Verfügung gestellt, dies entsprach der Förderung von 21 Fahrzeugen bei einer Förderquote von 85 Prozent. Die Verkehrsunternehmen aus dem VRR-Raum stellten Anträge für mehr als 50 Fahrzeuge, sodass nicht alle Interessenten bedient werden konnten.

Die Fahrzeuge wurden im Sommer 2009 europaweit ausgeschrieben und bei fünf unterschiedlichen Herstellern bestellt. Bei Solaris wurden leistungsverzweigte Hybridbusse geordert, bei Evobus, MAN und Hess/Vossloh-Kiepe Fahrzeuge mit serieller und bei Volvo ein Bus mit paralleler Antriebstechnologie.

Die Initiative des VRR zielte bereits zu Beginn nicht nur auf die Modernisierung der Busflotten ab, sondern umfasste mehrere Ansätze, um den Einsatz der Technologie im ÖPNV insgesamt zu fördern. Die Markteinführung der Technologie sollte durch das große Bestellvolumen beschleunigt werden. Darüber hinaus sollte die Technologie schneller aus dem Vorserienstatus in die Serienreife überführt und durch die steigenden Produktionszahlen die Preise je Fahrzeug gesenkt werden.

Zielgerichtete wissenschaftliche Begleitung

Um die Erfahrungen mit den verschiedenen Hybridbussen gezielt erfassen und kommunizieren zu können, wurde Ende 2009 ein Forschungsprojekt initiiert: Es sollte allgemeingültige Ergebnisse erzielen, die für alle Verkehrsunternehmen und politischen Mandatsträger bei der Entscheidung für den großflächigen Einsatz von Hybridbussen hilfreich sein können. Dies ist etwa der Nachweis der Wirtschaftlichkeit und der Emissionsreduktion (Abgase und Geräusche) sowie von Einsatzmöglichkeiten unterschiedlicher Technologien unter verschiedenen Einsatzbedingungen. Gleichzeitig sollten Optimierungsmöglichkeiten für die Fahrzeughersteller aufgezeigt werden.



Zweite und dritte Förderwelle

Aufgrund der hohen Nachfrage beschloss der VRR im März 2010 eine weitere Förderung in Höhe von ca. 10 Mio. Euro (19 Gelenk- und drei Solobusse). Zum damaligen Zeitpunkt waren erste Fahrzeuge der ursprünglichen Förderwelle ausgeliefert, die Lieferung der letzten Busse erfolgte im Herbst 2010. Eine Projektvorstellung am 6. September 2010 mit mehr als 120 Besuchern zeigte das große Interesse der Branche an der Hybridbusflotte des VRR und am Forschungsprojekt.

Am 1. Oktober 2010 bewilligte der VRR-Verwaltungsrat die dritte Förderwelle für Hybridbusse mit weiteren 10 Mio. Euro. Durch den sinkenden Förderanteil konnten mit dieser Förderung 21 Gelenk- und sechs Solobusse durch zehn Verkehrsunternehmen beschafft werden. Mit den drei Förderstufen stellte der VRR insgesamt 30 Mio. Euro zur Verfügung. 15 kommunale und ein privates Verkehrsunternehmen nahmen diese Summe in Anspruch, um insgesamt 59 Gelenk- und elf Solobusse mit Hybridtechnologie anzuschaffen.

Resümee des Förderprogramms

Im Februar 2012 wurden die letzten Hybridbusse aus der dritten Förderstufe an die Verkehrsunternehmen ausgeliefert, sodass jetzt alle 70 Hybridbusse im Einsatz sind. Das Resümee des VRR nach drei Jahren Hybridbusförderung fällt überwiegend positiv aus. Die Anschaffungskosten sind in diesem Zeitraum zum Teil deutlich gesunken. Trotzdem sind sie heute in der Anschaffung noch erheblich teurer als konventionelle Busse. Die Fahrzeuge sind – mit kleinen Ausnahmen – technisch wesentlich ausgereifter und erreichen mittlerweile nahezu die Verfügbarkeit konventioneller Busse. Neben der Entwicklungsarbeit der Hersteller ist das auch ein Verdienst der Verkehrsunternehmen, die hieran sehr engagiert mitgearbeitet haben. Beide, Hersteller und Verkehrsunternehmen, konnten Technologiebausteine erproben und durch den täglichen Einsatz wertvolle Erfahrungen sammeln, die ihnen bei zukünftigen Fahrzeuggenerationen (reine Batteriebusse, Brennstoffzellenbusse etc.) zugute kommen werden. Es konnten Erkenntnisse gesammelt werden, für welche Einsatzgebiete Hybridbusse geeignet sind und für welche nicht. Geräusch- und Abgasemissionen konnten durch die Hybridbusse in unterschiedlichem Ausmaß verringert werden. Hier wie auch beim Kraftstoffverbrauch besteht bei einzelnen Herstellern aber durchaus noch Optimierungsbedarf.

VRR und Verkehrsunternehmen sind sich einig darüber, dass nach drei Jahren Hybridbusförderung und -beschaffung jetzt eine Konsolidierungsphase ansteht. Die Hybridbusse sollen sich über einen längeren Zeitraum bewähren. Mögliche Optimierungen durch die Hersteller können so abgewartet, bestimmte Aspekte wie das rein elektrische An- und Abfahren an Haltestellen bei einzelnen Verkehrsunternehmen intensiver verfolgt und umgesetzt werden.

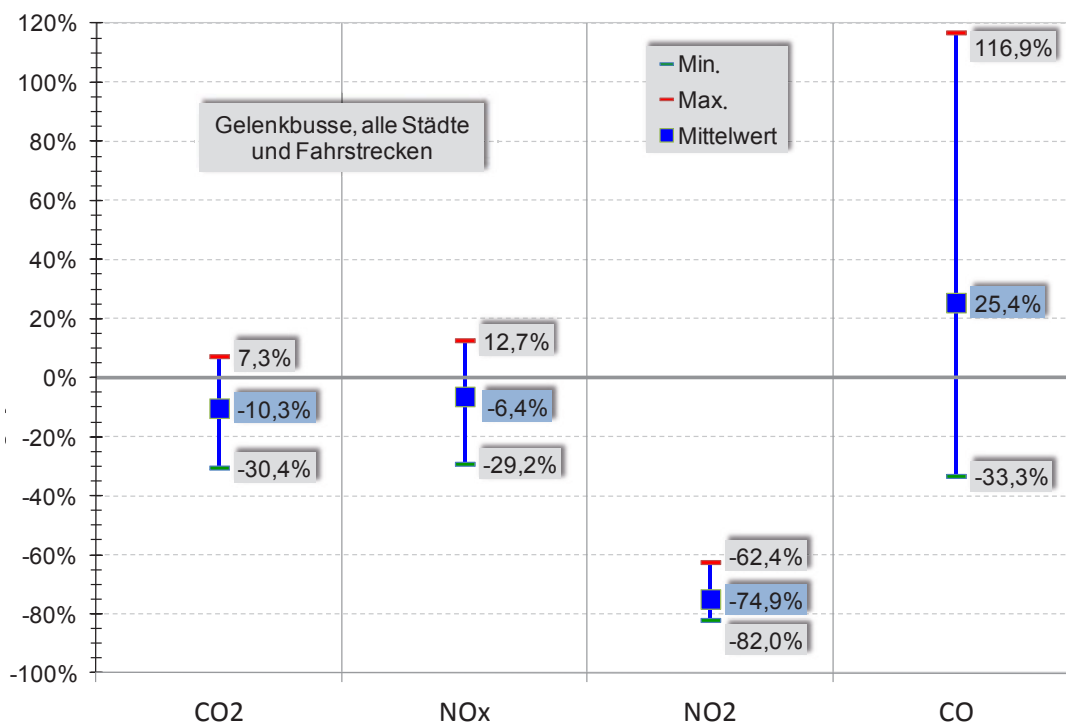


⤴ Emissionsmessung während einer Messfahrt

Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung

Das wissenschaftliche Begleitprogramm war ein Projekt der „Modellregion Rhein-Ruhr“, die im Rahmen des Bundesprogramms „Elektromobilität in Modellregionen“ gefördert wird. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) stellt für acht Modellregionen rund 130 Millionen Euro aus dem Konjunkturpaket II zur Verfügung. Koordiniert wird das Programm von der NOW GmbH Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie.

Das Forschungsprojekt wurde vom Institut für Kraftfahrzeuge (ika) der RWTH Aachen University und vom TÜV Nord Mobilität mit Unterstützung des VRR durchgeführt. Die beteiligten Verkehrsunternehmen und Bushersteller waren über Beiräte intensiv eingebunden. Untersucht wurden die Fahrzeuge der ersten Förderwelle. Projektbeginn war im Januar 2010, abgeschlossen wurden die Arbeiten mit der Abgabe des Abschlussberichtes am 30.09.2011. Die wichtigsten Ergebnisse zu den vier relevanten Forschungsfeldern werden hier vorgestellt.



↗ Veränderung des Schadstoffausstosses Hybridbusse – konventionelle Busse

Abgasemissionen

Im Arbeitspaket „Abgasemissionen“ des wissenschaftlichen Begleitprogramms wurden die Emissionen von Hybridbussen im Vergleich zu konventionellen Bussen im realen Fahrbetrieb ermittelt. Um die Vielfalt der Linienführungen in den Betrieben des VRR abbilden zu können, wurden nach Messfahrten vier Städte ermittelt, deren Linienführungen eine möglichst große Repräsentativität für den Busbetrieb im VRR darstellen. Auf jeweils zwei Linien wurden dann Hybridbusse von fünf unterschiedlichen Herstellern (drei Gelenkbusse, zwei Solobusse) in einer ersten Messreihe gefahren. In einer zweiten Messkampagne – in der Zwischenzeit hatten die Hersteller Gelegenheit zu Optimierungen – wurden die beiden konventionellen sowie die fünf Hybridbusse erneut in zwei der vier für den Hybridbusversuch ausgewählten Städte vermessen. Gezeigt werden sollte, ob die Emissionsbelastung in den Städten durch den Einsatz von Hybridbussen reduziert werden kann und ob die speziellen Betriebsbedingungen eines Hybridbusses, wie z. B. Start-Stopp-Funktionalitäten, Einfluss auf die Abgasnachbehandlungssysteme haben. Hierbei war der Einfluss der unterschiedlichen Streckencharakteristiken zu zeigen.

Im Vergleich der Gelenkbusse (hybrid vs. konventionell) wird die für die Immissionssituation in den Städten besonders wichtige NO₂-Direktemission durch den Einsatz der Hybridbusse im Mittel um 74,9 % reduziert. Je nach Einsatzgebiet und Fahrzeug schwankt die Reduktion zwischen 62,4 % und 82,0 %. Auch die Gesamtstickstoffoxidemissionen (NO_x) sinkt im Mittel um 6,4 %. Da derzeit für die in Hybridbussen eingesetzten Dieselmotoren die gleichen Abgasemissionsrichtlinien gelten, wie sie auch für konventionelle Fahrzeuge Vorschrift sind, werden von allen Motoren die gleichen leistungsbezogenen Grenzwerte erfüllt. Für die Stickstoffoxidemissionen ist daher eine Reduktion in ähnlichen Größenordnungen wie bei der CO₂ Emission zu erwarten. Diese wird durch den Hybridbuseinsatz im Mittel um 10,3 % reduziert. Die unterschiedlichen Einsatzbedingungen führen hierbei zu einer Schwankungsbreite von +7,3 % bis -30,4 % gegenüber den konventionellen Fahrzeugen, ähnlich wie bei der Stickstoffgesamtmission (+12,7 % bis -29,2 %). Die Emissionen von CO, HC und Partikeln liegen bei allen Fahrzeugen auf sehr niedrigem Niveau und unterliegen dadurch großen prozentualen Schwankungsbreiten. Bei den Partikelemmissionen sind Niveauunterschiede bei Fahrzeugen ohne bzw. mit Partikelfilter erkennbar.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit Hybridfahrzeugen Vorteile für die Immissionssituation in den Städten erreicht werden können.

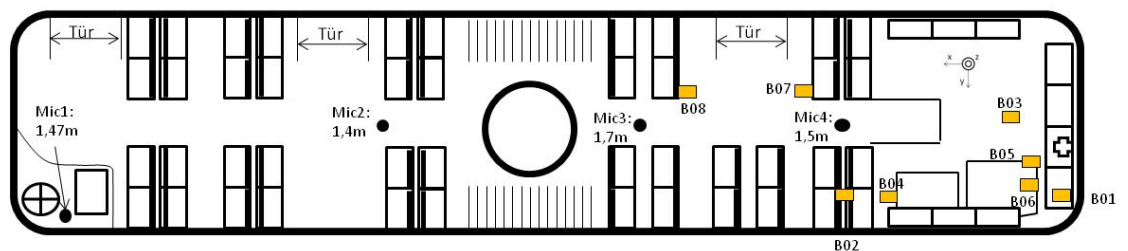


^ Kunstkopf zur Geräuschmessung

Geräuschemissionen und Akzeptanz

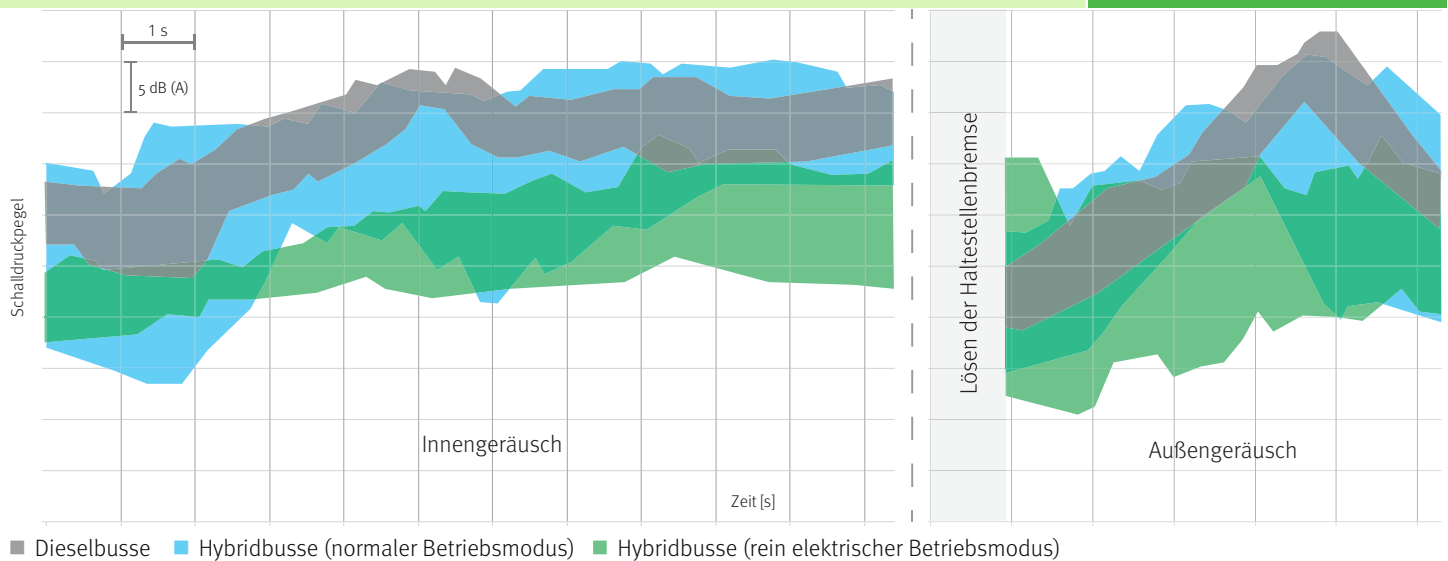
In einer Gesamtbetrachtung weisen die Ergebnisse des Arbeitspaketes „Geräuschemissionen und Akzeptanz“ nach, dass diesel-elektrische Hybridlinienbusse das Potenzial für eine Reduktion der Geräuschemissionen haben. Dies gilt sowohl für das Geräusch- und Komfortverhalten im Fahrgastraum als auch für die Außengeräuschwirkung. Nichtsdestoweniger ist das resultierende Geräuschverhalten maßgeblich abhängig vom jeweiligen Fahrzeugtyp und der diesel-elektrischen Hybridantriebsarchitektur sowie dem spezifischen Fahr- und Betriebszustand. In praxisrelevanten Manövern werden bei einigen Hybridbussen auch Schalldruckpegelspitzenwerte erreicht, die das Niveau der konventionellen Dieselbusse erreichen. Die teilweise nur geringen, messbaren Unterschiede zugunsten der Hybridbusse können dabei subjektiv nicht mehr differenziert werden. Insgesamt betrachtet ist der Mittelwertpegel im Fahrgastraum aller betrachteten Hybridbusse während der Linienfahrten jedoch niedriger als bei den Standard-Dieselbussen, sodass die Geräuschbelastung für den Fahrgast in Hybridlinienbussen reduziert ist.

Abhängig vom spezifischen Fahr- und Betriebszustand und Fahrzeugtyp zeigen die Untersuchungen der Haltestellenabfahrten bei den Hybridbussen im Vergleich zu den Standard-Dieselbussen eine Reduktion der Schalldruckpegelspitzenwerte im Fahrgastraum um bis zu 10 dB(A) und bei den Außengeräuschemissionen um bis zu 12 dB(A).



^ Platzierung der Messinstrumente im Fahrzeug

-  - Kunstkopf (LS)
-  - 3D Beschl.-Sensor (KS)
-  - Mikrofon (LS)



[Geräuschemissionen Haltestellenabfahrt ^](#)

Ein wesentliches Ergebnis der Akzeptanzbefragung für den Teilaspekt Akustik und Schwingungen ist, dass die Hybridbusse durch die Fahrgäste und Passanten insgesamt als „leiser“ beurteilt werden. Neben der Geräuscentwicklung des Dieselmotors werden auch einzelne hybridspezifische Geräuschphänomene von den Fahrgästen und Passanten identifiziert und benannt. Die Vibrationen in den Hybridbussen sind nach Beurteilung der Fahrgäste „gleich“ oder sogar „geringer“. Bezogen auf die Außengeräuschwirkung werden die Hybridbusse von den Passanten insgesamt auch als „leiser“ wahrgenommen.

Die Busfahrer bewerten dagegen nur zu ca. einem Drittel ein leiseres Geräuschverhalten bei den Hybridbussen und gewichten die Vibrationen als „gleich“. Hybridspezifische Geräusche werden bei mehr als einem Drittel der Fahrer registriert und benannt. In Summe korrelieren die Ergebnisse der Akzeptanzbefragungen mit den experimentellen Untersuchungen. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Akzeptanz der Hybridbusse überwiegend positiv ist. Hierbei zeigen die seriellen Hybridlinienbuskonzepte die größten Optionen und Potenziale für eine nachhaltige Reduktion der Geräuschemissionen und Komfortsteigerungen im Fahrgastraum. Bei allen im Rahmen des Begleitforschungsprojektes betrachteten Fahrzeugen sind jedoch weiterführende, technische Optimierungen erforderlich, um diese Potenziale als Vorteile ausschöpfen und weiter zielführend nutzen zu können.

Simulation

Neben den reinen Emissionen wurden bei den Messfahrten auch fahrdynamische Daten ermittelt, die zur Streckencharakterisierung und als Eingangsdaten für eine Simulationsstudie des ika dienen.

Ziel des Arbeitspakets Simulation war zum einen der Vergleich unterschiedlicher hybrider Antriebsstrangkonzeppte auf theoretischer Ebene sowie die Bestimmung der Sensitivität der einzelnen Hybridkonzepte in Bezug auf die Änderung strecken- und fahrzeugspezifischer Parameter. Zum anderen sollten die Kraftstoffverbräuche der Hybridfahrzeuge auf den Strecken berechnet werden, auf denen keine Messfahrten durchgeführt worden sind.

Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse sind in erster Linie Fahrzeugmasse, Streckenführung und Nebenverbraucherleistung als ausschlaggebend für den Kraftstoffverbrauch identifiziert worden. Jedoch konnte die Simulationsstudie nicht die gesamte Komplexität der Einsatzbedingungen abbilden, so dass hier weiterer Forschungsbedarf besteht.



Die Berechnung der Streckenkraftstoffverbräuche zeigt in weiten Teilen Übereinstimmung mit den Daten der weiter unten beschriebenen Langzeitdatenerfassung. Auf einzelnen Strecken lassen sich größere Kraftstoffeinsparungspotentiale realisieren, während andere Einsatzprofile nicht optimal für den Einsatz von Hybridfahrzeugen geeignet sind. Es ergibt sich eine Bandbreite zwischen 5 und 32 %, in dem das Verbrauchseinsparungspotential variiert.

Langzeitdatenerfassung

Die Erfassung von linienreinen Tankdaten und der Zuverlässigkeit bzw. Verfügbarkeit sowohl von den Hybridfahrzeugen als auch von konventionellen Referenzfahrzeugen erfolgte durch die Betreiber über den Zeitraum von etwa einem Jahr. Die Prüfung und Plausibilisierung sowie die Auswertung der Daten erfolgte im Rahmen der Plattform „Innovative Antriebe Bus“ durch PE International. Abhängig von Betreiber und Fahrzeug zeigte sich noch eine sehr heterogene Verteilung der Ergebnisse. Bei 5 von 10 Betreibern stellte sich im Mittel eine Kraftstoffersparnis zwischen 2 % und 18 % ein, bei einem weiteren sogar bis zu 30 %. Bei den restlichen vier Betreibern zeigte sich noch ein Mehrverbrauch. Anzumerken ist jedoch, dass aufgrund der eingeschränkten Verfügbarkeit von baugleichen, konventionellen Referenzfahrzeugen nicht immer eine eindeutige Vergleichbarkeit gegeben war. Die Verfügbarkeit der Hybridbusse stieg im Laufe der Erfassung auf durchschnittlich 70 %. Die untersuchten Fahrzeuge der ersten Förderwelle legten bis zum August 2011 über 600.000 Kilometer zurück.

Resümee

Im Laufe des Projekts hat sich gezeigt, dass mit den Hybridbussen sämtlicher vertretenen Hersteller sowohl Kraftstoffeinsparungen als auch eine Reduktion von Abgas- und Geräuschemissionen erreichbar sind. Durch Optimierungen an den Bussen durch die Hersteller verbesserten sich innerhalb der Projektlaufzeit der Kraftstoffverbrauch und die Zuverlässigkeit der Fahrzeuge. Allerdings wurde ebenfalls klar, dass noch weiterführende Entwicklungen erforderlich sind, um die Potenziale zukünftig für die gesamte Bandbreite der Fahr- und Betriebszustände im Linieneinsatz nachhaltig nutzen zu können. Eine Weiterführung der Untersuchungen zur Verfolgung der technologischen Entwicklung wird deshalb von den Konsortialpartnern und den Betreibern als sinnvoll erachtet.

mobiler Dacharbeitsstand 

16 Verkehrsunternehmen im VRR besitzen Hybridbusse in ihren Busflotten. Insgesamt 70 Fahrzeuge wurden im Rahmen der drei Förderstufen des VRR-Hybridbus-Förderprogramms zwischen 2009 und 2011 angeschafft. Die Bogestra hat zusätzlich drei Hybridbusse unter Förderung des BMVBS und einen Hybridbus auf eigene Kosten angeschafft. Diese 74 Hybridfahrzeuge bilden die größte, zusammenhängende Hybridbusflotte Deutschlands.

Erfahrungen der Verkehrsunternehmen

Anders als bei neuen konventionellen Bussen handelte es sich bei den Hybridbussen aus dem VRR-Förderprogramm nicht um ausgereifte Serienfahrzeuge. Mit der neuen, elektrischen Antriebstechnik kamen auf die Verkehrsunternehmen komplexe Anforderungen an Infrastruktur, betriebliche Planung sowie Werkstattpersonal und Fahrer zu.

Werkstätten und Werkstattmitarbeiter

Im Vorfeld der Anschaffung mussten die Unternehmen zunächst die Frage klären, ob die Hybridbusse in der eigenen Werkstatt oder bei externen Partnern gewartet werden sollten. Nur im ersten Fall waren Anpassungen oder Aufrüstungen der Werkstätten erforderlich. Diese wurden je nach Größe des Hybridbus-Fuhrparks sowie nach den infrastrukturellen Voraussetzungen und Möglichkeiten unterschiedlich angegangen. Einige Unternehmen nahmen umfangreiche Anpassungen vor: Anschaffung von festen oder mobilen Dacharbeitsständen oder von modernen Entladeeinheiten für die Energiespeicher. Andere Unternehmen hatten weniger Umrüstungsaufwand, weil sie schon über die nötige Infrastruktur verfügten, etwa aufgrund des Betriebs von Straßenbahnlinien oder weil sie die Vollgarantie eines Herstellers in Anspruch nahmen. Weitere unentbehrliche Vorbereitungen der Werkstätten waren das Erstellen von detaillierten Arbeits- und Betriebsanweisungen oder Wartungsplänen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt war die Aus- und Weiterbildung der Werkstattmitarbeiter. Hier erfolgten die Qualifizierungsmaßnahmen in mehreren Stufen: von der Sensibilisierung der Mitarbeiter über elektrotechnische Arbeiten im spannungsfreien Zustand bis zur Arbeit unter Spannung in Hochvoltssystemen.

Einsatz der Fahrzeuge

Bei wenigen Unternehmen erfolgte der Ersteinsatz der Hybridbusse ohne größere technische Probleme und mit einer hohen Verfügbarkeit in der ersten Nutzungszeit. Bei der Mehrzahl traten – aufgrund des Vorserienstatus nicht unerwartet – technische Schwierigkeiten in ganz unterschiedlichem Ausmaß und Häufigkeit auf. Bei der Ursachensuche und Fehlerbehebung war die Geduld und das Engagement der jeweiligen Mitarbeiter bei den Verkehrsunternehmen in Zusammenarbeit mit dem jeweiligen Hersteller gefragt. Teilweise konnten die Mängel vor Ort behoben werden, teilweise mussten die Fahrzeuge zum Hersteller gebracht und dort wiederhergestellt oder optimiert werden. Zwischen den Betreibern und den Herstellern fand ein intensiver Austausch statt, der zu einer stetigen Optimierung der Fahrzeuge und zu einer deutlichen Erhöhung der Verfügbarkeit führte. Aus Sicht der betreibenden Verkehrsunternehmen ist dieser Prozess noch nicht abgeschlossen. Vor allem bezogen auf den Kraftstoffverbrauch aber auch für andere Bereiche wie die bessere Integration der Nebenaggregate oder die Eventsteuerung sehen sie noch weitere Optimierungspotenziale bei den Herstellern.



	EvoBus	Hess	Solaris	MAN	Volvo	Gesamt
Bochum-Gelsenkirchener Straßenbahnen AG	-	-	11	-	-	11
DSW21	7	2	-	-	-	9
Hagener Straßenbahn AG	-	2	-	4	-	6
NEW mobil und aktiv Mönchengladbach GmbH	1	-	1	-	-	2
NEW mobil und aktiv Viersen GmbH	-	-	1	1	-	2
Rheinbahn AG	-	3	7	-	-	10
Stadtwerke Neuss GmbH	-	-	7	-	-	7
Stadtwerke Oberhausen AG	-	-	-	2	-	2
SWK MOBIL GmbH der Stadtwerke Krefeld	10	-	-	-	-	10
TRD Reisen Fritz Fischer GmbH & Co. KG.	-	-	-	-	2	2
Verkehrsgesellschaft Ennepe-Ruhr mbH	1	1	-	-	-	2
Vestische Straßenbahnen GmbH	-	-	2	-	-	2
DVG	1	-	-	-	-	1
EVAG	1	-	-	-	-	1
MVG	1	-	-	-	-	1
WSW mobil GmbH	1	1	-	-	-	2
GESAMT VRR	23	9	29	7	2	70



⤴ Steilkurvenfahrt im Rahmen der Fahrerschulung.

Fahrpersonal

Die Hybridtechnik bietet viele Potenziale, um Kraftstoffeinsparungen erzielen zu können, wie die Rekuperation bei Bremsvorgängen, eine Start-/Stop-Automatik oder die Eventsteuerung. Um diese Möglichkeiten ausschöpfen zu können, ist die gezielte Schulung der Fahrer unerlässlich. Dies erfolgte zunächst im Rahmen einer gemeinsamen Fahrerschulung mit allen Herstellern auf dem Wabco-Testgelände in Hannover. In der Folgezeit führten die Hersteller Multiplikatorenschulungen durch, die dann bei einigen Verkehrsunternehmen auf das gesamte Fahrpersonal ausgeweitet wurden.

Akzeptanz bei den Fahrern

Von Beginn an zeigten die Fahrer – unterstützt durch die Schulungen – eine hohe Bereitschaft, sich auf die neue Technik einzulassen. Die Fahrzeuge wurden als besonders umweltfreundlich und teilweise leiser angesehen. Im Winter wurden und werden die Hybridbusse, die über einen elektrischen Antrieb aller zwillingsbereifter Achsen verfügen, wegen ihrer guten Traktion und wegen ihres guten Fahrverhaltens von den Fahrern besonders geschätzt. Die Akzeptanz litt deutlich in den Zeiträumen, in denen die Fahrzeuge häufig von Störungen betroffen waren.

Akzeptanz bei den Kunden

Das Engagement der kommunalen Verkehrsunternehmen, ihre Busflotte umweltfreundlich zu modernisieren, wurde von den Fahrgästen sehr positiv wahrgenommen. Dies wurde sicherlich durch das auffällige und unverwechselbare Erscheinungsbild der Hybridbusse unterstützt. Die geringere Geräuscentwicklung und Abgasemission werden positiv beurteilt und dann besonders eindrücklich erlebt, wenn die Fahrzeuge rein elektrisch auf die Haltestellen zu- und nach dem Halt wieder abfahren.



⤴ Jörg Filter, BOGESTRA-Geschäftsbereichsleiter Infrastruktur und Fahrzeuge

Jedes am Projekt beteiligte Verkehrsunternehmen hat individuelle Erfahrungen mit den Fahrzeugen gesammelt. Im folgenden Interview sprechen drei technisch Verantwortliche beispielhaft für alle VU über ihre Erfahrungen, geben ein Resümee über den Einsatz der Hybridbusse ab und liefern jeweils eine Empfehlung für Verkehrsunternehmen, die den Einsatz von Hybridfahrzeugen erwägen.

Erfahrungen aus der Praxis

Was waren die Beweggründe, Hybridbusse für Ihr Unternehmen anzuschaffen?

Jörg Filter:

Für unser Haus waren zwei Themen ausschlaggebend. Zum einen die Einrichtung von flächendeckenden Umweltzonen in unserem Bedienungsgebiet. Durch die Hybridtechnologie sinken neben dem Verbrauch auch die Emissionen. Zum anderen benötigen wir eine Brückentechnologie, um uns von den endlichen fossilen Brennstoffen unabhängig machen zu können. Diese alternative Technologie muss praxisgerecht werden, insbesondere was den Antrieb und die Speicherung von Energie angeht.

Wir haben uns für die Hybridtechnologie entschieden, weil diese in den USA seit Jahren erfolgreich in der Praxis eingesetzt wird und für den serienreifen Allison-Antrieb schon 2008 Langzeiterfahrungen vorlagen. Darüber hinaus benötigten wir lediglich überschaubare weitere Investitionen in die Infrastruktur, die bei Erdgas oder Wasserstoff in viel größerem Umfang hätten getätigt werden müssen.

Burkhard Kuphal:

Die SWK beschäftigt sich schon lange mit alternativen Antriebstechnologien für Busse, allerdings lagen Hybridfahrzeuge außerhalb des wirtschaftlich Machbaren. Daher stieß die Anregung des VRR, ein Förderprogramm für Hybridbusse aufzusetzen, bei uns auf offene Ohren und wir beteiligten uns intensiv an den Vorbereitungen und zum Teil hitzigen Diskussionen



im Vorfeld der Hybridbusförderung. Zu diesem Zeitpunkt war die Technologie noch im Prototypenstatus, die elektrischen Komponenten waren nicht ausgereift und die Fahrzeuge sehr teuer. Die – auch heute noch – vorhandenen Risiken quasi über die öffentliche Förderung abzudecken war für uns der ausschlaggebende Grund, solche Fahrzeuge anzuschaffen. Zumal die SWK jahrelange Erfahrung mit elektrischen Antrieben besitzt.

Carsten Meuser:

Mit der Anschaffung der Hybridbusse wollten wir vor allem Kraftstoffeinsparungen und eine Reduzierung der Emissionen erzielen. Des Weiteren war die Rheinbahn schon immer daran interessiert, neue Antriebstechnologien auszuprobieren und praktische Erfahrungen zu sammeln. Als Beispiel fallen mir hier der Diesel-Wasser-Bus oder auch der Brennstoffzellenbus ein.

Welche Erfahrungen haben Sie beim Einsatz der Hybridbusse gesammelt?

Jörg Filter:

Inzwischen sind bei der BOGESTRA 15 Hybridbusse mit Allison- und Voith-Hybridtechnik im täglichen Einsatz. Seit 2008 mussten wir keinen Ausfall der Hybridkomponenten feststellen, die Verfügbarkeit der Fahrzeuge liegt auf dem gleichen Niveau wie bei konventionellen Dieseln. Wir erreichen eine Verbrauchsreduzierung von 15 Prozent, was zwar zufriedenstellend ist, jedoch nicht die Erwartungen von 20 bis 25 Prozent erreicht. Befragungen der Fahrgäste und politischer Verantwortungsträger ergaben eine klar positive Wahrnehmung der Hybridbusse als umweltfreundliche Technologie und bewirken einen deutlichen Imagegewinn. Allerdings wären die Fahrgäste nicht bereit, für eine Fahrt im Hybridbus einen höheren Fahrpreis zu bezahlen. Anfangs wurde das Fahrpersonal wenig in den Einsatz der Hybridbusse eingebunden. Seit wir das geändert haben, sind auch die Rückmeldungen klar positiv.

Zu den Kosten ist zu sagen, dass der Einsatz von Hybridbussen ohne eine Förderung nicht darstellbar wäre. Die Mehrkosten bei der Anschaffung von etwa 30 bis 100 Prozent im Vergleich zu einem konventionellen Bus sind über die Lebensdauer von zwölf Jahren nicht wett zu machen. Zusätzlich besteht nach wie vor die Ungewissheit über die Lebensdauer von technischen Komponenten wie Batterien oder Supercaps.



⌂ Dipl.-Ing. Burkhard Kuphal, Leiter Technischer Bereich SWK MOBIL GmbH

Burkhard Kuphal:

Im ersten halben Jahr nach der Lieferung der Hybridbusse haben wir richtig Lehrgeld bezahlt. Wir konnten in dieser Zeit viele technische Probleme lösen. Heute erreichen die zehn Hybridbusse, die bei der SWK im Linieneinsatz sind, eine Verfügbarkeit von 90 Prozent – die konventionellen Dieselmotoren liegen bei 92 Prozent. Beim Kraftstoffverbrauch liegen beide gleichauf, hier hatten wir durch die Aussagen des Herstellers mit 20 Prozent Ersparnis gerechnet. Anfangs verzeichneten wir sogar Mehrverbräuche bei den Hybridbussen, da das Heizungssystem und das Software-Energiekonzept mangelhaft waren. Hier konnte durch den Einbau von Wärmetauschern beziehungsweise eine optimierte Programmierung für Abhilfe gesorgt werden. Mehrere Gründe relativieren dieses Ergebnis, die Hybridfahrzeuge sind zum Beispiel mit Klimaanlage ausgestattet, was einen Mehrverbrauch von sechs bis acht Prozent rechtfertigt. Dazu kommt, dass unsere Fahrer noch zu wenig auf eine wirtschaftliche Fahrweise achten und gerne das große Drehmoment der Elektromotoren ausnutzen. Zumal der Einfluss der Fahrer auf den Verbrauch größer ist als bei den Dieselmotoren. Grundsätzlich darf in meinen Augen der Hybridbus nicht auf die Kraftstoffeinsparung reduziert werden. Für uns in Krefeld war und ist der rein elektrische Betrieb an bestimmten Stellen eine wesentliche Erfolgsbedingung. Hier erreichen wir im durchschnittlichen Einsatz heute beachtliche 50 Prozent des Streckenanteils, auf denen der Verbrennungsmotor abgeschaltet ist. Allerdings arbeiten wir gemeinsam mit dem Hersteller Mercedes noch daran, den elektrischen Betrieb an den von uns gewünschten Stellen ermöglichen zu können. Noch legt uns das Energie-Managementsystem hier einen Riegel vor, indem die Batterieladung immer im optimalen Bereich zwischen 55 und 85 Prozent gehalten wird. Die Kunden und Anwohner von Bushaltestellen sehen die Hybridbusse als wertvolle Weiterentwicklung, wir bekommen sogar Dankesbriefe für die deutlich leisere An- und Abfahrt.

Carsten Meuser:

Wir haben sehr unterschiedliche Erfahrungen gemacht. Die von uns beschafften Hybridbusse mit parallelem Antrieb haben in puncto Verfügbarkeit und Kraftstoffeinsparung durchaus positive Tendenzen gezeigt. Da allerdings speziell zur Kraftstoffeinsparung eine intensive Fahrerschulung durchgeführt beziehungsweise Fahrerassistenzsysteme zum Einsatz kamen, lässt sich schlecht differenzieren, wie viel Einsparpotenzial der Hybridantrieb als solcher wirklich bietet, sodass hier Zurückhaltung angebracht ist. Unsere Hybridbusse mit seriellem Antrieb haben unsere Erwartungen nicht erfüllt und bereiten uns immer noch Probleme. Der Kraftstoffverbrauch ist höher als der bei vergleichbaren konventionellen Bussen, die Verfügbarkeit hat lange noch nicht das gewünschte Niveau erreicht. Hier erwarten wir vom Hersteller noch einiges an Verbesserungsmaßnahmen.



Wie sieht Ihr zukünftiger Umgang mit Hybridbussen aus?

Jörg Filter:

Wie eingangs erwähnt, ist die Hybridtechnologie für uns eine Brückentechnologie, um mittelfristig Busse ohne fossile Brennstoffe zu betreiben. Die kommenden zwei bis drei Jahre werden für uns eine Konsolidierungsphase sein, während der wir keine weiteren Hybridfahrzeuge anschaffen, sondern die Haltbarkeit und Verfügbarkeit der Bestandsfahrzeuge prüfen werden. Wie diese Erfahrungen nach dann 1,5 Millionen Kilometern Laufleistung auch aussehen werden: die Investitionskosten müssen weiter deutlich sinken, um die Anschaffung weiterer Busse realisieren zu können.

Nach wie vor sprechen die geringen Investitionen in die Infrastruktur für die Hybridtechnologie, auch im Bereich der Werkstätten sind nur überschaubare Investitionen erforderlich. Die Zusammenarbeit mit dem Hersteller Solaris bestärkt uns auch in der Weiterverfolgung dieses Weges. Auf Grundlage der guten Zusammenarbeit sowohl mit dem Fahrzeug- als auch mit den Komponentenherstellern können wir uns eine weitere Kooperation gut vorstellen.

Grundsätzlich ist ein rein elektrischer Betrieb von Bussen für die BOGESTRA sehr attraktiv, allerdings immer verbunden mit der Frage der Energieproduktion und der Speicherung bzw. dem Transport. Wie lässt sich zum Beispiel Wasserstoff wirtschaftlich und ökologisch produzieren und an den Einsatzort bringen? Denn letztlich macht der Einsatz von Wasserstoff nur Sinn, wenn er ohne Einsatz fossiler Energieträger hergestellt wird.

Burkhard Kuphal:

Die SWK werden ohne Förderung in der nächsten Zeit keine Hybridbusse anschaffen. Zwar sind die Anschaffungskosten für einen Gelenkbus im Verlauf der VRR-Förderung um etwa ein Drittel gesunken. Doch ein konventioneller Bus kostet auch heute wie 2009 ungefähr die Hälfte dieser Summe. Der Hybridantrieb als Brückentechnologie zum rein elektrischen Fahren ist in unseren Augen gesellschaftlich und politisch gewollt und sollte daher unterstützt werden. Eine praxisgerechte Vorbereitung des rein elektrischen Fahrens – zum Beispiel mit einer Wasserstoff-Brennstoffzelle – kann nur als gemeinsame Anstrengung von öffentlichen Fördergebern, Verkehrsunternehmen und Herstellern gelingen. Das Risiko und die Finanzierungslast auf einen Beteiligten zu verlagern wird nicht funktionieren. Wir von der SWK sind jedoch nach wie vor von der Hybridtechnologie überzeugt.



⤴ Carsten Meuser, Betriebsleiter der Rheinbahn

Carsten Meuser:

Auch im Nachhinein finden wir es richtig, die Hybridbusse angeschafft zu haben, weil wir jetzt auf der Grundlage unserer Erfahrungen entscheiden können. Unsere Erfahrung ist die, dass die Einsatzbedingungen von entscheidender Bedeutung sind: je niedriger die Durchschnittsgeschwindigkeit und je anspruchsvoller die Topographie, desto eher spricht das für einen effektiven Einsatz von Hybridbussen. Beides ist im Einsatzgebiet der Rheinbahn so nicht gegeben.

Vor dem Hintergrund der Randbedingungen, wie den hohen Anschaffungskosten für Hybridbusse, die notwendigen Umbauten der Werkstatt oder die Neuanschaffung von Energiespeichern nach etwa fünf Jahren, glauben wir von der Rheinbahn, dass wir mit anderen Buskonzepten die oben geäußerten Ziele in unserem Einsatzgebiet besser erreichen können. Zurzeit sind wir sehr angetan von den beiden Leichtbaubussen, die wir seit knapp zwei Jahren mit einer hohen Verfügbarkeit und aufgrund des ca. 20 % geringeren Gewichts mit relevanten Kraftstoff- und Emissionseinsparungen im Einsatz haben. Nichtsdestotrotz ist die Hybridtechnik aus meiner Sicht eine wichtige Brückentechnologie. In einigen Jahren wird es vielleicht rein elektrisch betriebene Busse geben. An vielen Ansatzpunkten tut sich zur Zeit in der Branche Vieles: Die Batterietechnik wird ständig weiterentwickelt, Überlegungen zu partiellen Oberleitungen oder zur Plug In-Technologie werden angestellt.

Welche Empfehlungen geben Sie anderen Verkehrunternehmen?

Jörg Filter:

Grundlegend für den erfolgreichen Einsatz von Hybridbussen ist die Wahl des richtigen Antriebskonzeptes. Das vorhandene Einsatzgebiet entscheidet über die Sinnhaftigkeit des parallelen oder seriellen Antriebs – mit der falschen Technologie sind keine Erfolge möglich. Jedes Unternehmen sollte die möglichen Einsparungen realistisch einschätzen, um Enttäuschungen im Praxiseinsatz vorzubeugen. Die intensive Einbindung des Fahr- und Werkstattpersonals ist ebenso unumgänglich wie die intensive Betreuung der Fahrzeuge von der Produktion über die Inbetriebnahme bis hin zum Einsatz im Linienbetrieb.

**Burkhard Kuphal:**

Ganz oder gar nicht, das ist meine Empfehlung für Unternehmen, die die Anschaffung von Hybridbussen erwägen. Natürlich muss die richtige Technologie – serieller oder paralleler Antrieb – für den geplanten Einsatzzweck gewählt werden und eine öffentliche Förderung ist auch eine grundlegende Voraussetzung. Wenn diese Fragen geklärt sind, spricht unserer Ansicht nach nichts gegen den Einstieg in die Technologie. Aber dann auch mit einer ausreichenden Anzahl von Fahrzeugen, um diese nicht einfach in die Ecke stellen zu können, wenn es Probleme gibt.

Die SWK mit zehn Hybridbussen kann es sich nicht erlauben, diese nicht im Linieneinsatz zu fahren. So entsteht eine wirksame Motivation auf Verantwortliche, die Belegschaft und letztlich auch den Hersteller. Mit diesem eine offene Partnerschaft einzugehen, gleichzeitig jedoch als aktiver Kunde aufzutreten und klare Forderungen zu stellen, war für uns eine wertvolle Erfahrung. Den von uns praktizierten Austausch mit den Mülheimer und den Dortmunder Kollegen und natürlich dem Hersteller Mercedes kann ich ebenfalls nur empfehlen. Wir alle haben von der engen Zusammenarbeit eindeutig profitiert.

Carsten Meuser:

Ich würde anderen Verkehrsunternehmen empfehlen, sehr genau zu analysieren, wie ihr Einsatzgebiet beschaffen ist und welche Randbedingungen gelten, um dann zu entscheiden, ob der Einsatz von Hybridbussen sinnvoll ist. Generell gilt: je niedriger die Durchschnittsgeschwindigkeit und je anspruchsvoller die Topographie, desto sinnvoller der Einsatz von Hybridbussen. Wenn die Entscheidung für Hybridbusse gefallen ist, würde ich sofern wirtschaftlich möglich, mehrere Busse anschaffen, um wirklich aussagekräftige Erfahrungen sammeln zu können. Zusätzliche Fördermittel für Beschaffungen sind aus unserer Sicht kritisch zu bewerten, da Hybridbusse derzeit nicht wirtschaftlich zu betreiben sind. Daher sehen wir Förderungen für andere Technologien wie etwa die Leichtbauweise oder Fahrerassistenzsysteme als wirksame Alternative, um auf einfache Weise den Kraftstoffverbrauch zu reduzieren.

Verkehrsverbund Rhein-Ruhr AöR

Augustastr. 1

45879 Gelsenkirchen

www.vrr.de

V. i. S. d. P.: Sabine Tkatzik, Leiterin PR



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

Koordiniert durch:

