



# Spartechnik ohne Verzicht

Mercedes Benz Citaro G Blue Tec Hybrid: Bis zu 30 Prozent weniger Kraftstoff soll der Citaro-Gelenkzug mit Hybridantrieb sparen. Konzepti- onell hat der Mercedes feinste serielle dieselektrische Hybridtechno- logie zu bieten.

**S**chon beim Einsteigen beeindruckt das eher unauffällige Verhalten. Der mit Spannung erwartete Mercedes-Gelenkzug steht leise und vibrationsfrei an der Haltestelle – kein Motor stört die Ruhe oder bläst Abgase in die Landschaft. Nach dem Schließen der Türen nimmt der schwere Dreiachser Fahrt auf – flüsterleise und elektrisch, vehement und kein bisschen träge. Die Geräuschkulisse erinnert an eine Straßenbahn oder an einen Trolleybus – nur dass dieser Gelenkzug alle Freiheiten der Fahrbahnwahl besitzt.

**Auf Bewährung.** Der neue Mercedes-Hybridbus sammelt nach seinem Testprogramm Praxiserfahrungen, zuletzt unter den Augen von 250 ausgewählten Kunden. Selbst im hohen Norden Skandinaviens musste sich der Newcomer bewähren, der Hybride ist schließlich ein Mercedes. Nachdem die Techniker die meisten Hausaufgaben abgearbeitet haben, geht Daimler Buses mit seinem hochmodernen Imageträger an die Öffentlichkeit. Das mit Vorschusslorbeeren versehene Projekt startet mit gehö-

rigem Erwartungsdruck in die nächste Erprobungsphase. Denn ein Mercedes wie dieser darf kein Fehlschlag werden. Hier geht es um die Technologieführerschaft – nicht auf irgendeinem Nebenschauplatz, sondern bei der viel beachteten Hybridtechnik.

Trotz Wirtschaftskrise hält Daimler Kurs und an der Entwicklung der Hybrid-Technologie fest. Soeben wurde mit dem Hamburger Senat und den Managern der Hochbahn in der Hansestadt eine gemeinsame Entwicklung der nächsten Generation Wasserstofffahrzeuge verabredet. Mit dem Hybridbus haben die Stuttgarter und Mannheimer Großes vor. Schließlich soll die Entwicklung in einen hochmodernen emissionsfreien Stadtbus mit Brennstoffzellenantrieb münden. Der jetzt fahrbereite Hybrid-Citaro hat dafür schon den passenden Elektroantrieb und einen hochmodernen Batterie-Energiespeicher. Prinzipiell müsste nur der Diesel den Brennstoffzellen weichen. Die notwendigen Wasserstofftanks finden analog der CNG-Fahrzeuge auf dem Dach ausreichend Platz.



Mercedes-Benz Citaro G Hybrid  
– schon als Prototyp  
mit guten Alltagseigenschaften

---

**Erst wenn die Sensorik einen kritischen Ladezustand meldet, springt der kleine Vierzylinder an.**

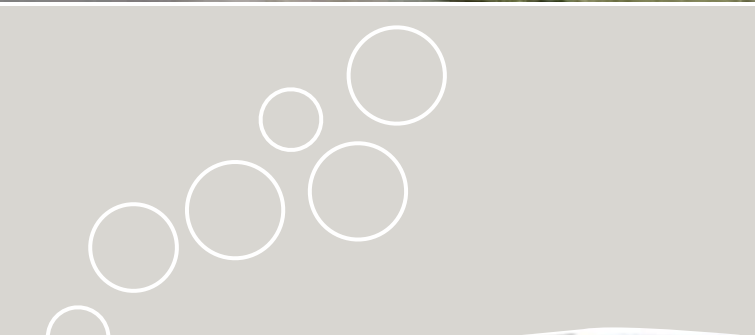
---

**Konsequente Antriebstechnologie.** Ein serieller Hybrid mit brandneuen Radnabenmotoren, gespeist von einem Generator und der bislang größten einsatzfähigen Lithium-Ionen-Batterie, verspricht einen enormen Innovationsgrad. Die Entwickler haben ganze Arbeit geleistet: Auf der Straße benimmt sich der Hybrid-Gelenkzug beinahe unauffällig. Er beschleunigt bei Bedarf zügig und fährt unerwartet häufig über einige Kilometer rein elektrisch. Dabei kommt es natürlich auf den Ladezustand der Batterien an, die von einem Generator mit verblocktem Vierzylinder-Diesel versorgt werden.

Anstelle des üblichen vollformatigen 12-l-Sechszylinders OM 457 hLA arbeitet ein nur 4,8 l kleiner Euro-5-Vierzylinder (OM 924 LA) mit 218 PS, der schon mal 600 kg Gewicht spart. Im seriellen Hybridbus dient er nicht als direktes Antriebsaggregat, sondern als Generatorantrieb zur bedarfsweisen Stromerzeugung. Den erzeugten Strom speichert die wartungsfreie Lithium-Ionen-Batterie, die auf dem Dach montiert ist. Gespeichert wird zusätzlich auch die anfallende Bremsenergie, die beim Anfahren von Haltestellen oder bei Ampelstopps gewonnen wird (Rekuperation).

Messungen weisen nach, dass stärkere Bremsungen auch mehr Strom erzeugen – was Einfluss auf die Fahrweise haben dürfte. Wer also betont forscht an die Haltestellenbuchten fährt, profitiert anschließend von einer längeren rein elektrisch betriebenen Fahrt. Erst wenn die Sensorik einen kritischen Ladezustand meldet, springt der kleine Vierzylinder an. Etwas

ruppig zunächst, die  
Techni-



**Spritspartechnik mit  
Dynamik – von  
Verzicht keine Spur**



ker sehen hier noch Handlungsbedarf. In Minutenschnelle hat die Batterie wieder volle Ladung und der Diesel Pause. Und der 28-Tonner rollt wieder flüsterleise – jetzt ausschließlich mit elektrischer Energie.

**Traktion mit Radnabenmotoren.** Den eigentlichen Antrieb auf die Räder übernehmen vier elektrische Radnabenmotoren an den Achsen zwei und drei. Sie leisten jeweils 80 kW (109 PS), sind flüssigkeitsgekühlt und sitzen integriert hinter den Original-Mercedes-Radsätzen in den ZF-Portalachsen. Die Gesamtleistung der Motoren von 320 kW (435 PS) ist großzügig bemessen, das enorme Drehmoment der Elektromotoren steht schon

**Die Kraftstoffeinsparung im Vergleich zu einem rein dieselbetriebenen Bus soll bei rund 30 Prozent liegen.**

aus dem Stand bereit. Mit Traktionsproblemen ist dennoch nicht zu rechnen, die beträchtliche Kraft der Motoren verteilt sich ohne Getriebe auf zwei Achsen. Der Einsatz von vier kompakten Radnabenmotoren eröffnet den Technikern die Möglichkeit ihrer separaten Regelung, beispielsweise einer sanften Steuerung der Anfahrphase. Durchaus attraktiv sind auch die Perspektiven zur Integration elektronischer Sicherheitssysteme.

Ein Hochvolt-Zwischenkreis mit 650 Volt stellt die Stromversorgung zwischen Generator, Batterie und den Elektromotoren sicher. Die mechanische Entkoppelung des Dieselmotors vom Antrieb spart den Getriebeautomaten und hebt den Wirkungs-



Einfache Bedienung für den Fahrer – das VDV-Cockpit verlangt keine Umstellung.

grad. Mit der Rekuperation ergeben sich gerade mit Blick auf die Emissionen neue Möglichkeiten. So wird die beim Verzögern anfallende Energie nicht nur zum Beschleunigen, sondern auch zur Versorgung des Fahrzeugs im Stand genutzt.

Auch die Nebenaggregate des Hybrid-Citaros wurden optimiert: Der Klimakompressor, die Lenkservopumpe und der Druckluftkompressor werden nicht mehr per Riementrieb oder Zahnrädersatz vom Verbrennungsmotor betrieben, sondern einzeln und elektromotorisch. Auch das steigert den Wirkungsgrad, denn alle Aggregate arbeiten nur noch bedarfsweise. Die Konstrukteure schätzen diese Bauweise, die größere Freiräume eröffnet – dank des elektrischen Antriebs können diese Komponenten weitgehend frei positioniert werden.

**Eigene Batterie-Kompetenz.** Die weltweit größte zum Einsatz gebrachte Lithium-Ionen-Batterie, die von einem Joint-Venture-Unternehmen unter der Führung von Daimler entwickelt wurde, sitzt auf dem Dach und belastet die Mittelachse. Schon ihre Daten flößen Achtung ein: Ungewöhnlich hoch ist die Kapazität von knapp 27 Kilowattstunden, ihre maximale Leistung beträgt 250 kW. Dabei wiegt die flüssigkeitsgekühlte Batterie nur 330 kg. Auf dem Dach des Nachläufers sitzt das aufwändige Kühlsystem mit zwei Kreisläufen. Die Leistungselektronik, die Batterie und die Elektromotoren zweigen rund 75 kW ab, um das System bei stabilen 73 Grad zu halten. Das Hochtemperatursystem für bis zu 95 Grad, das den Diesel und Nebenaggregate versorgt, benötigt bis zu 70 kW.

Die Kraftstoffeinsparung im Vergleich zu einem rein dieselbetriebenen Bus soll bei näherungsweise 30 Prozent liegen. Sie ist je höher, desto schwerer der Fahrzyklus gewählt wird. Die Schätzungen beruhen noch auf Simulationen, konkrete Messungen fehlen zum jetzigen Zeitpunkt noch. Wichtig für den Alltag: Die Kapazität des Citaro-Innovationsträgers ist nicht eingeschränkt. Der diesel-elektrisch betriebene Citaro-Gelenkzug nimmt bis zu 140 Fahrgäste auf, trotz Turmlösung für den Antrieb bleibt aufgrund der niedrigen Bauweise im Heck eine Ablage.

Im Vorderwagen entspricht die Geräuschkulissee auch unter

**TECHNISCHE DATEN**

**Antriebsstrang**

Dieselmotor Vierzylinder OM 924 LA in EEV-Abgasqualität  
 Hubraum 4.800cm<sup>3</sup>  
 Nennleistung 160 kW/218 PS  
 Max Drehmoment 810 Nm bei 1.600/min

4 elektrische Fahrmotoren als Radnabenmotoren  
 Leistung je Motor 80 kW/117,5 PS  
 Spannungsversorgung 650 V DC  
 Kühlung flüssigkeitsgekühlt

**Batteriesystem mit Lithium-Ionen Batterie**

Leistung maximal 250 kW  
 Gewicht 330 kg

**Maße und Gewichte**

Länge x Breite x Höhe. 17.940x2.550x3.325 mm  
 Zul. Gesamtgewicht . . . . . 28.000 kg  
 Zul. Achslast Vorderachse. . . . . 7.245 kg  
 Zul. Achslast Mittelachse . . . . . 11.500 kg  
 Zul. Achslast Hinterachse . . . . . 11.500 kg



**Laut Display-Anzeige lädt der Diesel unter Volllast, die Batterie hat nur halbe Kapazität.**

vollem Leistungseinsatz einer Straßenbahn, nur im Heck ändert sich die moderate Tonalität schlagartig, wenn der laut rasselnde Vierzylinder einsetzt. Der Fahrer findet an seinem VDV-Cockpit gleiche Bedingungen vor, rechts vom Lenkrad die Taster für Vorwärts, Neutral und Rückwärts, wie bei Getriebeautomaten. Auch beim Tritt aufs Bremspedal bleibt zumindest subjektiv alles beim Alten: Anstelle des Retarders verzögern die Motoren jetzt als Generatoren. Hat der Energiespeicher sein Limit erreicht, wandeln Bremswiderstände die Energie in Wärme. Wird eine kräftige Bremsung nötig, greifen die leistungsfähigen Scheibenbremsen ein.

Der Fahrkomfort, so viel steht nach dem ersten Rollout fest, ist bemerkenswert. Aufgrund des höheren Eigengewichts (knapp eine Tonne) rollt der Citaro-Gelenkzug noch eine Spur satter ab. Und trotz des Prototypenstatus zeigt der Hybrid-Citaro schon eine erstaunliche Reife – alles klappt, aber nichts klappert oder knistert. Er stellt allerdings höhere Ansprüche an die Werkstatt, die über die Zusatzkompetenz Starkstromtechnik verfügen muss.

**Öffentliche Förderung gefragt.** Schon zum Jahresende 2009 sollen zwei Fahrzeuge in Rotterdam rollen, um Erfahrungen zu sammeln. Weitere Tests mit dem Haus- und Hof-Partner SSB (Stuttgarter Straßenbahnen) folgen. Mit einem Serienanlauf rechnet Mercedes-Benz-Markensprecher Michael Göparth bereits im folgenden Jahr. Erste Marktschätzungen belaufen sich auf rund 300 Hybridbusse jährlich, wenn sich die öffentliche Hand zu einer Förderung durchringt.

Die Vorteile für die Kommunen liegen auf der Hand: Neben einer Senkung der Kraftstoffkosten lassen sich auch die Schadstoffemissionen beträchtlich reduzieren. Zum Preis des Systems hält sich der Hersteller noch bedeckt. Eine Adaption auf andere Fahrzeugformate sei prinzipiell möglich, erklärt Daimler-Buses-Technikchef Richard Averbeck und verweist auf die Modularität des Systems. Auf dem UITP-Kongress steht bereits die nächste Evolutionsstufe, die den Weg weist.

**WOLFGANG TSCHAKERT**



## objects of desire

Sie suchen Verdichterlösungen für Ihre mobilen Kälte-/Klimaanwendungen der Zukunft?

Ganz gleich ob für den Einsatz in Hybrid- oder Trolleyfahrzeugen, den Betrieb mit natürlichen Kältemitteln wie CO<sub>2</sub> oder Anlagen größerer Leistungsbereiche.

Bock bietet Ihnen Verdichterlösungen für die aktuellen Markttrends.

Nähere Informationen erhalten Sie unter  
Telefon: +49 (0) 70 22 / 94 54 0  
sowie im Internet unter [www.bock.de](http://www.bock.de)

**BOCK**®  
COMPRESSORS