# Touareg V6 TSI Hybrid

## Beitrag von „Sittingbull“ vom 2. Februar 2009 um 11:51

Wolfsburg, Februar 2009. Volkswagen wird die nächste Generation des Touareg parallel zu den reinen Benzin- und Diesel-Varianten auch als Hybrid-Version auf den Markt bringen. Durchschnittsverbrauch: weniger als 9,0 Liter Kraftstoff auf 100 Kilometern. CO2-Emissionen: unter 210 g/km. Einen ersten Ausblick auf die künftig im Touareg eingesetzte Vollhybrid-Technologie liefert nun erstmals ein seriennaher Prototyp. Die konzeptionelle Basis des Versuchsträgers bildet dabei die aktuelle Generation des SUV. Antriebsseitig indes entspricht der Wagen bereits in weiten Teilen dem künftigen Touareg Hybrid. Der wird von einem neuen V6 TSI – ein per mechanischem Kompressor aufgeladener Benzin-Direkteinspitzer modernster Bauart – und einem Elektromotor angetrieben. Als Getriebe kommt eine neu entwickelte 8-Gang-Automatik zum Einsatz. Volkswagen setzt beim künftigen Touareg V6 TSI Hybrid auf einen Parallelhybrid-Antrieb. Der Geländewagen verfügt deshalb auch in dieser Version über einen leistungsfähigen, permanenten Allradantrieb.

Der V6 TSI steht für maximale Kraft bei minimalem Verbrauch Der auffallend drehfreudige und agil ansprechende V6 TSI des Touareg Prototypen leistet bei 5.500 U/min 245 kW / 333 PS. Bereits ab 3.000 U/min schöpft er aus einem Hubraum von 2.995 cm3 ein maximales Drehmoment von 440 Newtonmetern. Dieser TSI bietet damit die Leistungswerte eines Achtzylinders, ist dabei aber deutlich sparsamer. Fest steht: Volkswagen wird das Prinzip des intelligenten Downsizings (weniger Hubraum plus Benzin-Direkteinspritzung plus Aufladung) mit dem neuen V6 erstmals von der weltweit erfolgreichen TSI-Vierzylinderklasse in die Kategorie der Sechszylinder transferieren. Und das mit Nachdruck. Hintergrund: Der dank Kompressor ohnehin sehr dynamische Drehmomentverlauf gewinnt durch den E-Motor besonders bei niedrigen Geschwindigkeiten nochmals an Faszination, da das Drehmoment bei Bedarf quasi aus dem Stand heraus auf dem höchstem Niveau anliegt – ein dynamischer Nebeneffekt des auf Effizienz ausgelegten Systems. Zur weiteren Erhöhung dieser Effizienz kommt im V6 TSI des Touareg Hybrid zudem eine schaltbare Motorwasser pumpe zum Einsatz, die ein sehr schnelles Aufheizen des Motors gewährleistet; die Pumpe ist in das Gesamtwärmemanagement des Fahrzeugs integriert. V6 TSI plus E-Motor drückt Verbrauch auf unter 9,0 Liter Auf eine Leistung von 38 kW / 52 PS und bis zu maximal 300 Newtonmeter Drehmoment bringt es der zwischen V6 TSI und 8-Gang- Automatik getriebe integrierte E-Motor. Beim sogenannten Boosten – der maximalen Leistungs- und Drehmomentanforderung mit Unterstützung beider Motoren (per Kickdown oder Wählhebel in Stufe „S“) – ergibt sich kurzfristig eine Leistung von 275 kW / 374 PS; das maximale Drehmoment steigt auf bis zu 550 Newtonmeter. In diesem Fall beschleunigt der Touareg V6 TSI Hybrid Prototyp in nur 6,8 Sekunden auf 100 km/h.

Grundsätzlich ist das Hybrid-System des Touareg allerdings nicht nur auf das Erzielen von sportlichen Spitzenleistungen, sondern auf das Erreichen sehr niedriger Emissions- und

Verbrauchswerte ausgelegt worden. So verwundert es nicht, dass dieser Dynamik, wie skizziert, ein erfreulich niedriger Durchschnittsverbrauch von unter 9,0 Litern Kraftstoff gegenübersteht. Die CO2-Emissionen liegen somit unter 210 g/km. Der Touareg V6 TSI Hybrid erreicht die Grenzwerte der Euro-5-Norm und der amerikanischen Abgasnorm ULEV2. Mehr als 25 Prozent Verbrauchsreduzierung Im Vergleich zu einem konventionellen SUV gleicher Größe ergibt sich durch das Hybrid-Konzept im Stadtverkehr eine Verbrauchs einsparung von mehr als 25 Prozent. Während des kombinierten Betriebs aus Stadt-, Landstraßen- und Autobahn-Fahrten haben die Entwicklungsingenieure eine durchschnittliche Einsparung von 17 Prozent ermittelt. Im wesentlichen sind es vier Parameter, über die der Volkswagen Prototyp diese Verbrauchssenkung realisiert:

Das Start-Stopp-System: Das in das Antriebssystem integrierte Start-Stopp-System reduziert besonders im urbanen Bereich signifikant den Kraftstoffverbrauch. Die Bremsrekuperation: Beim Bremsen gewinnt der in diesem Fall als Generator arbeitende E-Motor Energie zurück, die in der Hochvolt-Batterie (NiMH-Batterie) zwischengespeichert wird. Der E-Motor gewinnt damit einen Teil seiner Antriebsenergie selbst, wobei die Rekuperations leistung der E-Maschine über den Bremspedalweg geregelt wird.

Der E-Motor: Das elektrische Fahren bei Geschwindigkeiten von bis zu 50 km/h reduziert ebenfalls besonders im Stadtverkehr den Verbrauch. In diesem Fall ist der V6 TSI abgeschaltet und über eine Trennkupplung vom Getriebe abgekoppelt. Der Touareg V6 TSI Hybrid ist dabei absolut emissionsfrei unterwegs. Strom fließt in diesem Modus von der Batterie über die Leistungselektronik samt ulswechselrichter zum E-Motor. Es ist in Bezug auf die spätere Serienversion geplant, das rein elektrische Fahren auch über eine spezielle E-Taste zu ermöglichen.

Das Segeln: Sobald der Fahrer vom Gas geht, wird der V6 TSI durch eine Kupplung vom Getriebe getrennt. Dies ist selbst bei höheren Geschwindigkeiten – in der späteren Serienversion bis rund 160 km/h – und damit auch auf der Autobahn möglich. Durch die so eliminierten Schleppmomentverluste rollt der Touareg deutlich besser; und das kann der Fahrer bei einer vorausschauenden Fahrweise direkt in eine weitere Verbrauchsreduzierung umsetzen.

Intelligenter Energiemix: Im Hinblick auf die Antriebsarten – respektive dem damit verbundenen Energiefluss – ergeben sich neben dem elektrischen Fahren und Segeln zwei weitere Betriebsarten: das klassische Fahren mit Verbrennungsmotor und das für Hybrid-Fahrzeuge typische Boosten. Beim Fahren nur mit Verbrennungsmotor werden zwei Fälle unterschieden. Im ersten Fall fährt der Touareg wie ein konventionelles Fahrzeug: Die Elektromaschine liefert dabei anstelle des sonst dafür verwendeten 12V-Generators nur soviel Energie, wie für das Bordnetz und die Klimatisierung benötigt werden – der Ladezustand der Hochvolt-Batterie bleibt somit konstant. Im zweiten Fall liefert der Motor die Antriebsenergie zum Vortrieb des Fahrzeugs zuzüglich der Energie, die über die E-Maschine – die in diesem Fall als Generator arbeitet – zum Laden der Hochvolt-Batterie benötigt wird. Durch diese sogenannte Lastpunktverschiebung kann der Motor in einem Kennfeld bereich mit einem günstigeren Wirkungsgrad betrieben werden. Aufgabe der Hybrid steuerung ist es nun, dieses Wechselspiel

von elektrischen Fahrphasen und aktiven Ladephasen so anzufordern, dass der minimale Verbrauch erzielt wird.

Das Boosten: Bei der vom Fahrer bewusst aktivierten höchsten Leistungsanforderung (Kickdown oder Schalthebel in „S“) unterstützt der E-Motor den V6 TSI über die Volllastkennlinie des Motors hinaus. Die Leistung und Kraft beider Motoren wird von der 8-Gang-Automatik an die Vorder- und Hinterachse geleitet. Damit stehen dann kurzzeitig, wie dargestellt, bis zu 275 kW /374 PS und ein maximales Drehmoment von 550 Newtonmetern zur Verfügung. Darüber hinaus wird die E-Maschine im Rahmen des sogenannten Instationärausgleichs aufgrund ihrer extrem schnellen Regelbarkeit allerdings auch verwendet, um sogenannte positive und negative Momenten eingriffe durchzuführen: Bei positiver Lastanforderung durch den Fahrer unterstützt die E-Maschine zum Beispiel kurzzeitig den V6 TSI, bis dieser seinen stationären Zielwert erreicht hat. Dadurch hängt der Touareg Hybrid noch besser am Gas. Negative Momenteneingriffe ersetzen zu großen Teilen die klassischen, nicht wirkungsgradoptimalen Eingriffe über den Verbrennungsmotor, wie sie etwa bei Schaltvorgängen des Getriebes oder plötzlichen Gaswechseln aus Komfortgründen benötigt werden. Der jeweils aktive Modus wird über eine Energiefluss-Anzeige im Display des im Prototypen verbauten Radio-Navigationssystems RNS 510 angezeigt.

Das technische Grundlayout des Hybrid-Antriebs: Volkswagen hat für den Einsatz im Touareg einen Parallelhybrid-Antrieb gewählt. Im Gegensatz zu anderen möglichen Hybrid-Systemen sind damit sowohl die Offroad-Eigenschaften als auch die uneingeschränkte Dauersteigfähigkeit gewährleistet. Mit einer maximalen Anhängelast von bis zu 3,5 Tonnen empfiehlt sich der Touareg V6 TSI Hybrid zudem als ideales Zugfahrzeug. Darüber hinaus bietet der Parallelhybrid bei Überland- und Autobahnfahrten einen besseren Wirkungsgrad als alter native Hybrid-Konzepte. Die Antriebseinheit selbst besteht im wesentlichen aus dem V6 TSI, dem ebenfalls ideal für den Hybrid- und Zugfahrzeugeinsatz geeigneten 8-Gang-Automatikgetriebe und dem zwischen Verbrennungsmotor und Automatik integrierten Hybrid-Modul. Letzteres wiegt 55 Kilogramm. Das kompakte Modul beinhaltet – in einem Gehäuse – die dem V6-Motor nachgeschaltete Trennkupplung und den E-Motor. „Dirigiert“ wird das Zusammenspiel der Komponenten von einem Hybrid -Manager. Dieses Multitalent wurde im Motorsteuergerät integriert und kommuniziert über die CAN-Bus-Leitungen unter anderem mit dem Automatikgetriebe, der Hochvolt-Batterie und der so genannten Leistungselektronik, die den Elektromotor regelt. Letztere managt auch den Energiefluss zwischen Elektromotor und Batterie. Über den DC/DC-Wandler sorgt die Leistungselektronik zudem dafür, dass das 12V-Bordnetz via E-Maschine oder die Hochvolt-Batterie versorgt wird. Je nach Ladezustand der Batterie (Kapazität: 6 Ah), der Fahrzeuggeschwindigkeit und weiteren fahrzeugspezifischen Parametern wählt der Hybrid-Manager nach sekundenschneller Analyse aller Signale automatisch den idealen Betriebsmodus aus. Die Nickel-Metallhydrid-Batterie im Detail Die von Volkswagen im Touareg V6 TSI Hybrid eingesetzte Nickel-Metall hydrid-Batterie spiegelt den heute besten verfügbaren Stand der in Automobilen unproblematisch einsetzbaren Speicher technologie wider. Insbesondere die über die Jahre hinweg erprobte Funktionssicherheit und Robustheit sowie deutliche Kostenvorteile sprechen dabei für die leistungsfähige NiMH-Batterie.

Die Batterie befindet sich platzsparend im Bereich der ursprünglichen Reserveradmulde. Aufgrund dieser Einbaulage musste der Kofferraumboden des Prototypen lediglich um 50 Millimeter angehobenen werden. Die Batterie wiegt 67 Kilogramm, besteht aus insgesamt 240 einzelnen Zellen und erzeugt damit eine Spannung von 288 Volt. Über einen in die Innenraumlüftung des Touareg integrierten Zusatzkanal und zwei separate Lüfter wird die Batterie in einem optimalem Temperaturbereich gehalten. Ein Batterie-Manager überwacht über einen Datenabgleich mit dem im Motorsteuergerät integrierten Hybrid-Manager kontinuierlich die Ladung. Spezielle Traktionsleitungen verbinden die Batterie mit der im Vorderwagen links neben dem Motor angeordneten Leistungselektronik, um den E-Motor mit Energie zu versorgen oder – im umgekehrten Fall – die Batterie über den dann als Generator fungierenden E-Motor beim Bremsen (Rekuperation) oder durch den V6 TSI (via Lastpunktverschiebung) zu laden. Im Crashfall wird die Hochvolt-Batterie durch eine sogenannte „Protect Box“ geschützt. Inklusive dieser Box und der Belüftungsanlage wiegt das Batteriesystem 79 Kilogramm. Mehrgewicht des Hybrid-Systems wurde zum Teil kompensiert, um einen Teil des Gewichts der Hybrid-Komponenten (ca.175 Kilogramm) zu kompensieren, weist der Prototyp gegenüber der Serie zahlreiche Modifikationen auf. Ein Beispiel ist hier der permanente 4XMotion-Allradantrieb. Im heutigen Touareg wird die Antriebskraft über ein Verteilergetriebe mit sperrbarem Zentraldifferential an die Vorder- und Hinterachse übertragen. Beim Touareg V6 TSI Hybrid kommt statt des zweistufigen Verteilergetriebes ein leichteres Torsen-Differential zum Einsatz, wie es auch Audi im Q7 verwendet. Paradediszipliner des Touareg, wie etwa die optimalen Eigenschaften als Zugfahrzeug, konnten dabei voll erhalten bleiben.

Weitere Änderungen gegenüber dem Serien-Touareg: Damit der Touareg V6 TSI Hybrid auch im reinen E-Betrieb alle komfort- und sicherheitsrelevanten Funktionen bieten kann, mussten diverse Komponenten komplett neu entwickelt werden. So verfügt der Prototyp über eine elektrohydraulische Servolenkung, die nicht auf eine durch den Verbrennungsmotor angetriebene Servopumpe angewiesen ist. Darüber hinaus sorgt im Touareg V6 TSI Hybrid ein elektrischer Hochvolt-Klimakompressor auch bei ausgeschaltetem V6-Motor für angenehme Innenraum-Temperaturen. Statt einer Lichtmaschine sichert der in die Leistungselektronik integrierte DC/DC-Wandler die
konstante Stromversorgung für das Bordnetz ab. Gezielt auf den Hybrid-Einsatz abgestimmt wurde auch die 8-Gang-Automatik. Sie erhielt unter anderem einen speziellen Wandler mit größerer Überbrückungskupplung, eine zusätzliche elektrische Ölpumpe (zur Aufrechterhaltung der Ölversorgung bei abgeschaltetem V6 TSI), einen Getriebewärmer zum schnelleren Erreichen der optimalen Betriebstemperatur sowie eine modifizierte Getriebesteuerung. Gestartet wird per Elektromotor Den Job des Starters übernimmt derweil der E-Motor. Und dieser Job ist besonders anspruchsvoll, da vor allem der Neustart des V6 TSI beim Wechsel zwischen den Betriebsmodi während der Fahrt ausgesprochen komfortabel sein muss. Und so funktioniert es: Sobald der Motor wieder gestartet werden soll, wird die Wandlerüberbrückungskupplung des Getriebes in die Position „Schlupf“ gebracht und die Drehzahl der E-Maschine auf einen vom Getriebesteuergerät vorgegebenen Sollwert erhöht. Erst dann erhält das Motorsteuergerät die Erlaubnis zur Be tätigung der Trennkupplung. Über das nun folgende Schließen der Kupplung wird der V6 TSI durch die E-Maschine

„hochgeschleppt“ und, sobald die Füllung der Zylinder die Darstellung des Solldreh momentes ermöglicht, über die Freigabe von Einspritzung und Zündung gestartet. Das Drehmoment der E-Maschine wird dabei entsprechend des aktuell von der Trennkupplung übertragenen Drehmomentes während des Anschleppvorganges erhöht und – nach dem Start des Verbrennungs motors – analog zu dessen Drehmomentanstieg wieder reduziert. Ist der Kraftschluss an der Trennkupplung eingestellt, so wird die Wandler überbrückungskupplung wieder geschlossen. Klingt kompliziert, ist kompliziert, funktioniert aber hervorragend, da der Fahrer von all dem kaum etwas spürt. Und so soll es sein.