

DQ500 - Das neue Volkswagen Siebengang-Doppelkupplungsgetriebe für hohe Drehmomente

DQ500 – The new Volkswagen seven-speed dual-clutch gearbox for high torques

Dr. Jens **Hadler**, Dipl.-Ing. Michael **Schäfer**, Dr. Hubert **Gröhlich**, Dipl.-Ing. Klaus **Lindemann**

Volkswagen AG, Wolfsburg

Zusammenfassung

Volkswagen stellt mit dem DQ500 ein weiteres Mitglied seiner äußerst erfolgreichen DSG[®]-Familie vor. Diese Getriebe verbinden auf einzigartige Weise Komfort, Sportlichkeit und Sparsamkeit miteinander. Aufbauend auf den Erfahrungen aus den bewährten DQ200 und DQ250 bedient das neue DQ500 nun auch die Kunden größerer und hochmotorisierter Fahrzeuge mit der Doppelkupplungs-Technologie.

Sein Ersteinsatz erfolgt in der neuen Generation von Transporter und Multivan, mit der das DQ500 hervorragend harmoniert. Denn mit seiner Spontanität verhilft es ihm zu verbesserten Fahreigenschaften bei reduziertem Kraftstoffverbrauch.

Das DQ500 ist das derzeit einzige Siebengang-Quergetriebe für hohe Drehmomente, das weltweit in Großserie hergestellt wird. Das Getriebe ist eine Volkswagen Eigenentwicklung, die im Komponentenwerk Kassel produziert wird.

Summary

The DQ500 from Volkswagen is a new addition to the extremely successful DSG[®] family. These gearboxes represent a unique synthesis of comfort, sportiness and fuel efficiency. Building on the experiences afforded by the proven DQ200 and DQ250 gearboxes, the new DQ500 now makes dual-clutch technology available to customers with larger and high-output vehicles.

It will first be used in the new generation of the Transporter and Multivan, to which it is exceptionally well suited. Indeed, with its spontaneity, it helps improve the Transporter's driving characteristics at the same time as reducing fuel consumption.

The DQ500 is currently the world's only seven-speed transverse-mounted gearbox for high torques that is in large-scale series production. The unit is one of Volkswagen's own developments and is produced in the company's components plant in Kassel.

1 Einführung

Mit dem neuen Siebengang-Doppelkupplungsgetriebe DQ500 stellt Volkswagen erneut eine Produktneuheit vor: Es ist das erste Doppelkupplungsgetriebe für den Quereinbau, das für hohe Drehmomente bis 600 Nm ausgelegt ist. Es ist zudem für Fahrzeuge mit Front- oder Allradantrieb konzipiert.

Volkswagen hat umfangreiche Erfahrungen in der Entwicklung und Produktion von Doppelkupplungsgetrieben. 2003 wurde das mit einer nasslaufenden Doppelkupp-

lung ausgestattete DQ250 (bis 350 Nm) in den Markt eingeführt. 2008 folgte die Markteinführung des DQ200 (bis 250 Nm) mit einer trockenen Doppelkupplung. Beide wurden mit überwältigendem Erfolg bis heute mehr als 1,5 Millionen mal hergestellt.

Aufbauend auf diesen Entwicklungen erweitert das neue DQ500 die DSG[®]-Familie in Richtung hoher Drehmomente und Leistungen. Die Spreizung reicht dabei von sportlichen PKW-Anwendungen bis zu Nutzfahrzeuganwendungen mit hohem Drehmoment. Sein erster Einsatz erfolgt in der neuen Generation von Transporter und Multi-van. Das DQ500 verbindet nun auch für die Kunden dieser Fahrzeugklasse die Vorteile von Handschalt- und Automatikgetrieben.

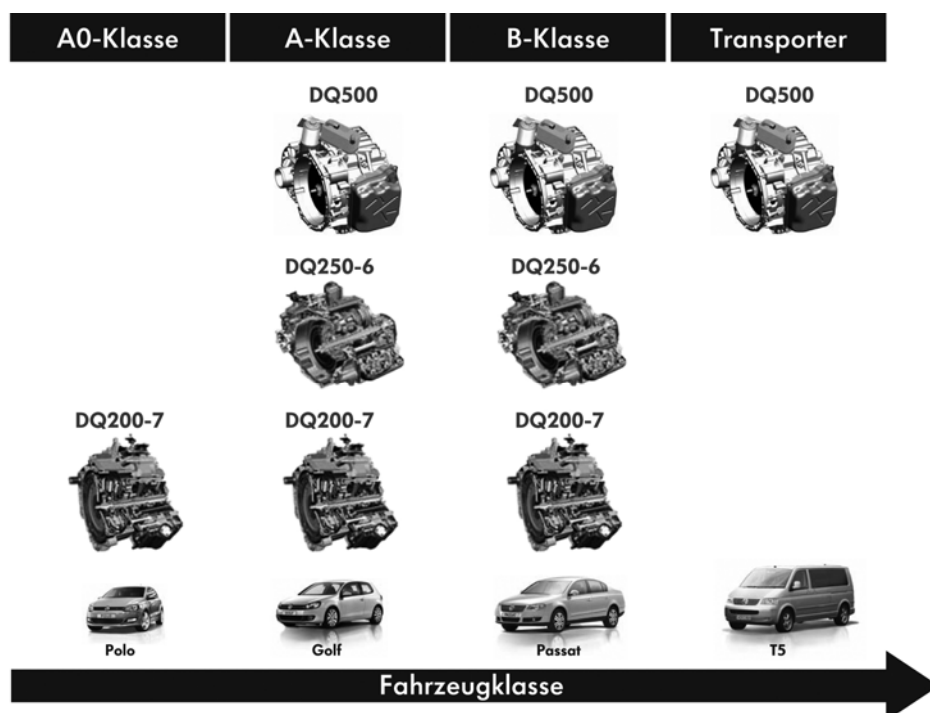


Abb. 1: Die Doppelkupplungsgetriebe von Volkswagen
The dual-clutch gearboxes from Volkswagen

Die aktuelle Getriebewelt wird nach wie vor in Europa von Handschaltgetrieben und in den USA und Japan von konventionellen Automatikgetrieben dominiert. Die Vorteile beider Konzepte liegen auf der Hand:

- Handschaltgetriebe sind robust, preisgünstig und bieten einen hohen Wirkungsgrad. Sie stehen bei ihren Fahrern aber auch für Fahrspaß und Sportlichkeit.
- Wandlerautomatikgetriebe sind vor allem komfortabel. Schaltvorgänge ohne Unterbrechung der Zugkraft bieten ihren Fahrern ein besonderes Fahrerlebnis.

Die Doppelkupplungsgetriebe von Volkswagen vereinen das Beste aus beiden Welten. Automatikfahrer überlassen die Gangwahl den ausgeklügelten Fahrprogrammen, während sportlich orientierte Fahrer die sequentielle, manuelle Schaltung begeistern. Und im Kraftstoffverbrauch zeigen sich die DSG[®]-Getriebe effizient wie ein Handschaltgetriebe - mit einigen Motorisierungen sinkt der Verbrauch sogar.

Daher hat sich die Familie der DSG[®]-Getriebe für Volkswagen zu einer wesentlichen Säule im Angebot moderner und wettbewerbsüberlegener Fahrzeugantriebe entwickelt. Die Reduzierung des Verbrauches steht als dominierende Größe im Mittelpunkt vieler Entwicklungsaktivitäten - so auch bei der Entwicklung des DQ500. Demzufolge stand die Optimierung des Getriebewirkungsgrades im Fokus der Überlegungen.

Seit der Markteinführung des DSG[®] im Golf ist eine deutliche Verschiebung der Einbauraten zu verzeichnen: von 5 bis 10 % mit den früheren Wandlerautomaten zu 20 bis 30 % mit DSG[®]. Dieser Erfolg ist auch Ergebnis der perfekten Implementierung in die Volkswagen Fahrzeugwelt und die präzise Nutzung aller Schnittstellen (z. B. zwischen Motor- und Getriebesteuerung). Daher wurden für das DQ500 die Entwicklungs- und Fertigungstiefe noch weiter gesteigert.

2 Entwicklungsziele des DQ500

Die erfolgreichen Vorgängerprojekte wiesen für das DQ500 einen recht klar umrissenen Entwicklungsrahmen. Einerseits haben DQ250 und DQ200 gezeigt, dass die Kundenakzeptanz gegenüber Automatikgetrieben (vor allem in Europa) durch das Angebot von DSG[®] deutlich zunimmt. Andererseits ist dies die Folge ihrer besonderen Kombination von Ökonomie, Komfort und Sportlichkeit. Genau diese positiven Eigenschaften sollte das zukünftige DQ500 auch bieten. Allerdings ist aufgrund des Quereinbaus der Motoren in den Zielplattformen der Bauraum begrenzt, was besonders für die Getriebekonstruktion einen hohen Anspruch bedeutete. Die Rahmenbedingungen waren wie folgt definiert:

- Hohe Eingangsdrehmomentkapazität bis 600 Nm
- Extrem geringer Bauraum
- Einsatz in PKW und Nutzfahrzeug
- Zwei Achsabstände: 197 und 215 mm
- Allrad- und Frontantriebstauglichkeit
- Sieben Gänge

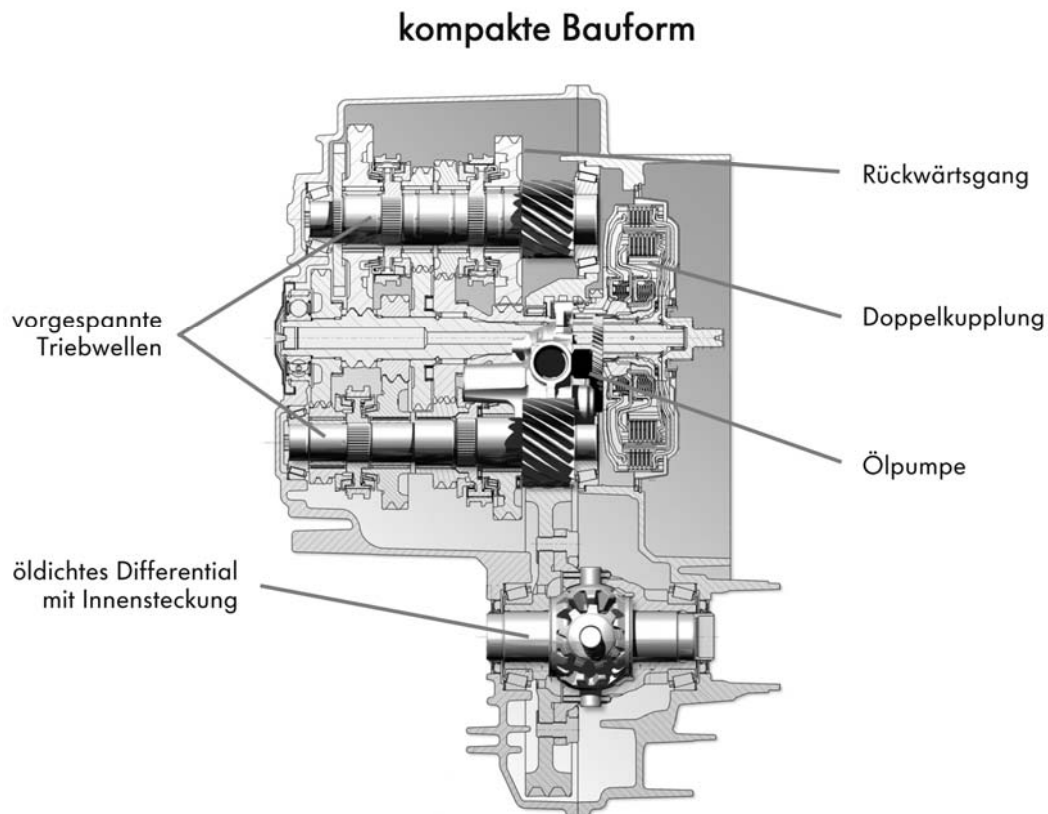


Abb. 2: Konstruktive Entwicklungsschwerpunkte beim DQ500
Key design-related developmental factors for the DQ500

Aus diesen Rahmenbedingungen bildeten sich in der weiteren Konzeption aufgrund der umfangreichen Erfahrungen folgende wesentlichen Entwicklungsschwerpunkte:

- Nasse Doppelkupplung
- Ein gemeinsamer Ölkreislauf für Kupplung, Hydraulik und Getriebe
- Integriertes Steuergerät
- Eigenentwicklung Software
- Wellenspannverband zur Lastaufnahme
- Verlagerung der Ölpumpe in den Räderkasten
- Öldichtes Differential mit Innensteckung für die Achswellen und modularem Aufbau als 2- oder 4-Planetendifferential

Abb. 2 zeigt die konstruktiven Schwerpunkte. Zusammenfassend lässt sich sagen: Das DQ500 übernimmt das Basiskonzept des DQ250 (nasse Doppelkupplung) und erweitert dieses für Hochmotorisierungen mit Momenten größer als 350 Nm. Es profitiert zusätzlich vom Siebengang-Konzept sowie den Erfahrungen bezüglich der Wirkungsgradoptimierung des DQ200.

3 Aufbau des DQ500

Die Doppelkupplung schaltet zwischen den gradzahligen und ungradzahligen Gängen hin und her. Die dabei eingesetzten Überschneidungsschaltungen sorgen für einen kontinuierlichen Kraftfluss ohne Unterbrechung der Zugkraft. Abb. 3 zeigt die Kraftflüsse in den Gängen.

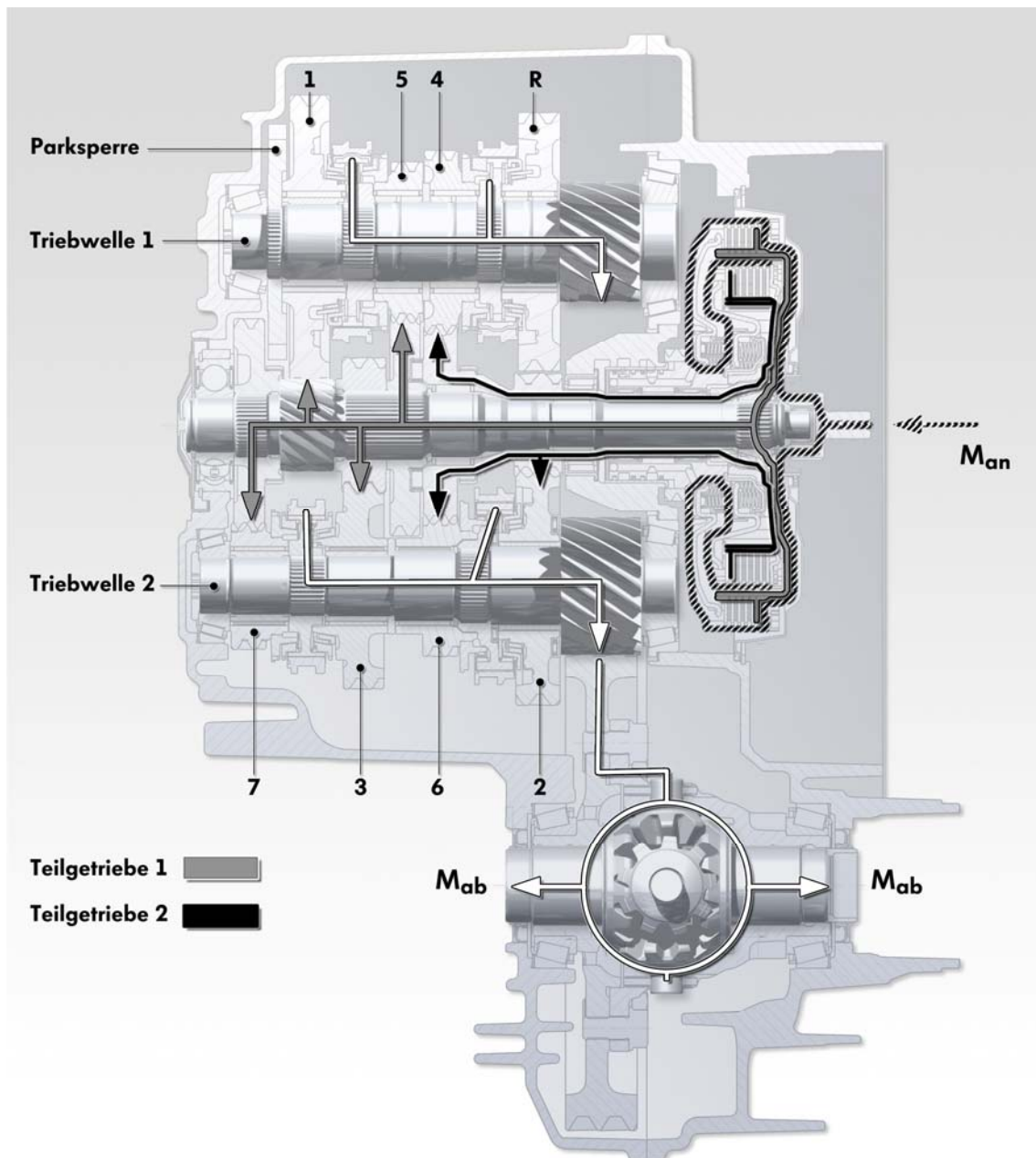


Abb. 3: Prinzipbild des DQ500 mit Kraftverlauf
Schematic diagram of the DQ500 with power flow

3.1 Räder und Wellen

Die Doppelkupplung überträgt die Antriebskräfte über zwei koaxial angeordnete Antriebswellen mit einem Rillenkugellager als Festlager, einem Zylinderrollenlager als Loslager sowie Axial- und Nadellager zur Abstützung der Wellen ineinander. Die Gänge sind alternierend auf die beiden Antriebswellen verteilt:

- Antriebswelle 1 mit den ungeraden Gängen 1, 3, 5, 7 (Teilgetriebe 1)
- Antriebswelle 2 mit den geraden Gängen 2, 4, 6 und R-Gang (Teilgetriebe 2)

Über fünf fest auf den Antriebswellen angeordnete Räder werden die Schalträder auf den Triebwellen 1 und 2 angetrieben. Diese übernehmen die Gänge wie folgt:

- Gänge 1, 4, 5, R auf Triebwelle 1
- Gänge 2, 3, 6, 7 auf Triebwelle 2

Die Schalträder der Gänge 1 bis 3 und R sind als Monoblöcke mit angeschmiedeter Kupplungsverzahnung ausgeführt. Damit ließ sich wirtschaftlich ein optimaler Kompromiss zwischen Steifigkeit und Gewicht erreichen.

Zur Drehrichtungsumkehr im Rückwärtsgang wird das Schaltrad des 2. Ganges als Zwischenrad benutzt, womit auf eine zusätzliche Welle verzichtet werden konnte.

Um die hohen Belastungen auf engstem Raum übertragen zu können, wurden die aufgedrehten Bauteile, wie Innenringe und Synchronkörper, in die Struktur der Triebwellen einbezogen. Eine Verspannung der Triebwellen mit M12-Schrauben führt zu einer hohen Steifigkeit des Wellenverbandes.

Die Lagerung der Triebwellen im Gehäuse erfolgt mit Leichtlauf-Kegelrollenlagern, während die Schalträder auf Nadellagern gelagert sind. Die oberliegenden Schalträder auf Triebwelle 1 verfügen über innen beölte Lager.

Das für Automatikgetriebe obligatorische Parksperrerrad ist auf der Triebwelle 1 angeordnet. Es erfüllt so die hohen Festigkeitsanforderungen der Anwendung im Nutzfahrzeug.

Die Getriebespreizung beträgt je nach Konfiguration bis zu 7,3. Der kürzeste 1. Gang hat ein Übersetzungsverhältnis von 16,6 und der längste 7. Gang eines von 2,27. Diese Spreizung sorgt für gute Anfahbarkeit mit den modernen TDI-Motoren und schafft die Möglichkeit, den 7. Gang als Overdrive zu konfigurieren.

3.2 Schaltung und Synchronisierung

Für die Schaltung des Kraftflusses verfügt das DQ500 über vier Schaltgabeln, die hydraulisch betätigt werden. Diese wiederum verschieben vier Schiebemuffen auf den beiden Triebwellen.

Die Gänge 1-3 und R werden über eine 3-Konus-Synchronisierung geschaltet, die Gänge 4-7 wiederum über eine 1-Konus-Synchronisierung. Moderne Karbon-Beläge auf den Synchronringen sorgen für hohe Leistungsfähigkeit und kurze Schaltzeiten.

3.3 Ausgleichgetriebe

Das Ausgleichsgetriebe ist in die Gesamtkonstruktion des DQ500 integriert. Der Ausgleichkorb wird auf dem Achsrads verschraubt, welches gleichzeitig Gehäuseteil und Lagerstellen bildet. Damit konnte die Anzahl der Bauteile reduziert werden.

Der modulare Aufbau des Ausgleichgetriebes ermöglicht Ausführungen mit zwei oder vier Planeten sowie für Front- und Allradanwendungen. Es ist so dimensioniert, dass es auch in die PKW-Ausführung mit geringerem Achsabstand zum Einsatz kommen kann.

Über Radialwellendichtringe auf den Schaftkegelrädern wird das Getriebe nach außen öldicht verschlossen. Das Getriebe DQ500 wird endgeprüft und einbaufertig zum Verbau ins Fahrzeugwerk geliefert. Dort werden die fahrzeugseitigen Gelenkwellen in das Getriebe eingesteckt. Diese bauraumoptimierte Konstruktion sorgt für geringe Beugewinkel der Gelenkwellen und damit für geringe Reibungsverluste.

4 Mechatronik

Die Mechatronik stellt die zentrale Steuereinheit des DSG[®] dar. Sie vereint in einem kompakten Modul das Getriebesteuergerät, die zugehörige Sensorik, die hydraulischen Elektromagnetventile sowie die Hydraulikplatten mit den Schieberventilen. Aus dieser Zusammenführung an einer Stelle im Fahrzeug ergeben sich für die Mechatronik anspruchsvolle Betriebsbedingungen:

- Temperaturen von -40°C bis 150°C
- Vibrationen bis 30 g
- Belastung durch Getriebeöl

Die Mechatronik befindet sich in der gleichen Einbaulage wie beim DQ250 und basiert prinzipiell auf der gleichen Technologie. Ihre konstruktive Ausführung und die Werkstoffauswahl tragen den Betriebsbedingungen Rechnung, so dass gewährleistet ist, dass auch das DQ500 die extrem hohe Zuverlässigkeit der DQ-Getriebe bietet. Der Gleichteilstrategie folgend konnten in zahlreichen Komponenten identische Bauteile eingesetzt werden. Für das DQ500 wurde die Mechatronik jedoch in einigen Punkten weiter optimiert.



Abb. 4: Mechatronik am DQ500 / Außenansicht
 DQ500 mechatronics / external view

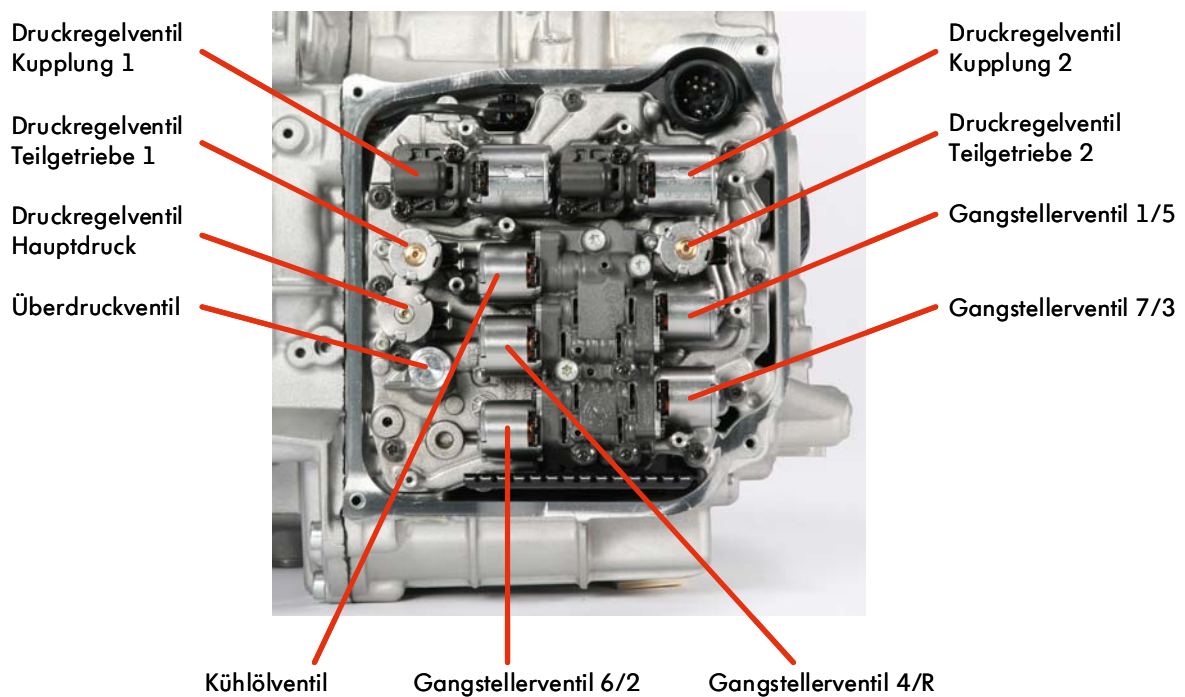


Abb. 5: Mechatronik / Innenansicht
 Mechatronics / internal view

4.1 Hydraulik

Der hydraulische Teil der Mechatronik entspricht dem vom DQ250 bekannten Konzept. Ein gemeinsamer Ölkreislauf dient gleichermaßen zur Getriebebeschmierung, Kühlung der Doppelkupplung und zur hydraulischen Gangstellung. Im Zuge der Weiterentwicklung sind einige Modifikationen durchgeführt worden.

Durch ein Anstauen des Öls in einem separaten Mechatronikraum kann zum einen ein reproduzierbarer Entlüftungszustand der Hydraulik erreicht werden sowie der Ölstand im Räderkasten gegenüber dem DQ250 abgesenkt werden. Diese Maßnahme führt zu einer Reduktion der Getriebebeschleppmomente.



Abb. 6: Hydraulisches System
 Hydraulic system

Das Gangstellersystem ist so umgestellt worden, dass nun jeder Schaltgabel ein direktgesteuertes Regelventil zugeordnet ist. Mit ihm kann die Schaltgabelgeschwindigkeit individuell geregelt und unabhängig eingestellt werden. Die Einlegekraft kann zusätzlich über ein Teilgetriebedruckventil unabhängig eingestellt werden. Dadurch kann ein Optimum der Schaltakustik bei gleichzeitig unverändert hoher Schaltgeschwindigkeit erreicht werden. Und das trotz der, aufgrund der höheren Momentenklasse, angestiegenen Schaltkräfte.

Die Kupplungskühlung der Doppelkupplung wird über ein direktgesteuertes Ventil eingestellt und ist durch Einsatz eines Verstellblendenprinzips sehr fein dosierbar. Auch hier konnten die Schleppmomente durch die bedarfsgerechte Zuteilung der Kühlmengen reduziert werden. Durch Verwendung des Öls aus der Auslassseite des Getriebeölkühlers konnte die Effektivität der Kupplungskühlung zusätzlich deutlich erhöht werden, was insbesondere den erhöhten Leistungseinträgen Rechnung trägt.

Einen weiteren Beitrag zur Verbesserung des Getriebewirkungsgrades leistet die gezielte Einspritzschmierung der Verzahnung jeweils nur des lastführenden Teilgetriebes.

Durch verstärkten Einsatz von direktgesteuerten Ventilen konnte eine Reduzierung von Steuerölströmen, die für die sonst üblichen Pilotventile notwendig sind, erreicht werden.

Durch Einsatz eines zusätzlichen Feinfilterpatches im Saugfilter konnte die Ölreinheit verbessert werden. Diese Maßnahme führt zu einer weiter optimierten Regelgüte für die elektrohydraulischen Regelventile. Der Feinfilter ist auf Getriebelebensdauer ausgelegt.

Die Kapazität des Druckfilters wurde wurde optimiert, so dass dieser für einen Einsatz über die Getriebelebensdauer hinaus ausgelegt ist.

4.2 Steuergerät

Aufgrund der vollständigen Integration sämtlicher Getriebefunktionen bildet das Steuergerät des DQ500 eine autonome funktionelle Einheit. Für den Betrieb im Fahrzeug sind lediglich die Stromversorgung und die Verbindung zum CAN-Bus notwendig. Wie auch in den bereits bekannten DSG[®]-Konzepten befindet sich das Steuergerät zwischen dem Räderkasten und dem Hydraulikteil der Mechatronik. Die elektrische Anbindung der Sensorik, des Fahrzeugsteckers und der zur Hydraulik erfolgt in Flexfolientechnik mit Laserschweißungen als Kontaktierung. Für die Kontaktierung der Ventile konnten Kabelverbindungen zwischen Steuergerät und Ventilkontaktplatte durch entsprechende Gestaltung des Steuergerätes vermieden werden.

Das Steuergerät ist hochintegriert in LTCC-Technologie (Low Temperature Cofired Ceramics) mit hochintegrierten Bauteilen (ASIC) aufgebaut. Der Vorteil gegenüber der bisherigen Dickschichtkeramik liegt im Platzbedarf, der um ca. $\frac{2}{3}$ reduziert werden konnte. Das Herz des Steuergerätes bildet ein 32-Bit Prozessor der Infineon Tri-core-Familie, der mit einer Taktfrequenz von 66 MHz arbeitet. Das Steuergerät bildet eine kompakte Einheit und beinhaltet

- Sensoren für
 - die Positionserfassung der Schaltgabeln
 - die Wellendrehzahlen
 - den Öldruck und -temperatur
- Treiber für die Ansteuerung von 11 Ventilen

Der im DQ250 eingesetzte Sensor für die Getriebeabtriebsdrehzahl konnte durch den intelligenten Einsatz der verbleibenden Drehzahlsensoren entfallen.



Abb. 7: Getriebesteuergerät
Gearbox control unit

5 Doppelkupplung DQ500

5.1 Aufbau der Doppelkupplung

Die Doppelkupplung des DQ500 besteht entsprechend der im bekannten DQ250 eingesetzten Doppelkupplung aus zwei konzentrisch angeordneten, nasslaufenden Einzelkupplungen. Ihre Hauptaufgabe besteht darin, das Motormoment zu übertragen und die Gänge zwischen den Teilgetrieben zu wechseln. Ferner sorgen sie für das komfortable Anfahren auf der äußeren Kupplung im ersten Gang bzw. der inneren Kupplung im Rückwärtsgang.

Außen angeordnet schaltet die Kupplung 1 (K1) die Gänge 1 – 3 – 5 – 7. Innen angeordnet ist die Kupplung 2 (K2), die die Gänge 2 – 4 – 6 – R schaltet. Im Unterschied zum DQ250 wird somit auch die K2 als Anfahrkupplung für den Rückwärtsgang genutzt. Die Aufteilung der Gänge 1 und R auf die Teilgetriebe ermöglicht bei Rangierfahrten einen schnellen Richtungswechsel allein durch die Ansteuerung der Doppelkupplung.

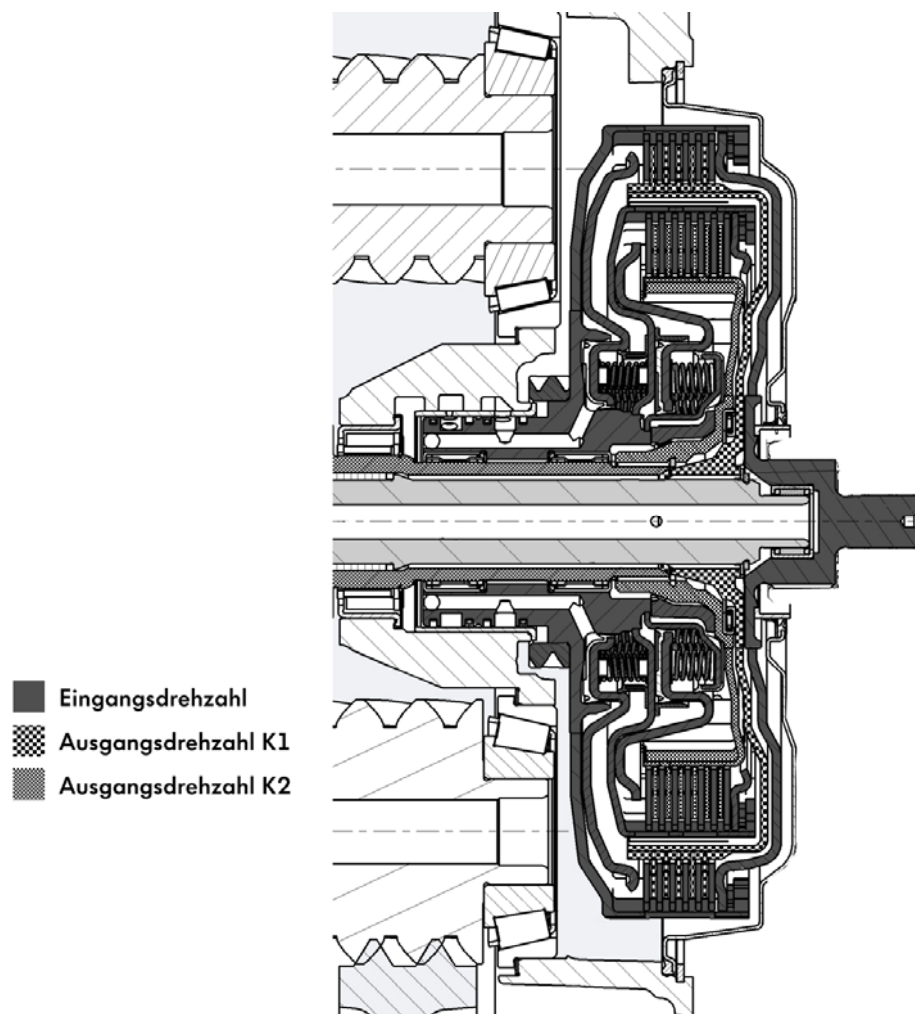


Abb. 8: Doppelkupplung
Dual clutch

Die Kupplung ist für 600 Nm Motormoment ausgelegt und sowohl für Otto- als auch für Dieselmotorisierungen geeignet. Hierzu wurde die K1 mit 5 Belaglamellen und die K2 mit 6 Belaglamellen ausgestattet. Das bewährte System aus dem DQ250 diente hierfür als Grundlage. Die Spezifikation des Öls und der Reibbeläge wurde daher beibehalten.

Das Druckniveau in den hydraulisch betätigten Kupplungen beträgt max. 14 bar (bei 600 Nm), wobei der Nullpunkt (0 Nm) sich bei ca. 2 bar befindet. Dieses führt zu einem guten und schnellen Befüllverhalten und einer guten Momentenspreizung. Diese ist größer als im DQ250, gewährleistet aber dennoch einen hohen Komfort. Bei höheren Drehzahlen kompensieren die Fliehöl Ausgleichsräume zu 72 % (K1) bzw. 57 % (K2) den Fliehöl druck in den Kolben und verhindern so ein ungewolltes Schließen der Kupplung.

Der zur Verfügung stehende Bauraum stellt hohe Anforderungen an die Konstruktion der DQ500-Doppelkupplung. Daher wurde bei der Auslegung der Kupplung besonderer Wert auf die kompakte Bauweise in axialer Richtung gelegt, soweit die Last- und Qualitätsanforderungen dieses zuließen. So wurde aufgrund seiner geringen Hysterese ein Schraubenfederpaket in der Doppelkupplung eingesetzt, obwohl dieses gegenüber der Tellerfeder des DQ250 mehr axialen Bauraum benötigt. Durch die konsequente Anordnung der Komponenten wird die Doppelkupplung allen Restriktionen gerecht. Im Ergebnis ist sie sogar schmaler als die des DQ250.

Um einen möglichst hohen Getriebewirkungsgrad zu erzielen, wurde während der Entwicklung besonderer Wert auf die Reduzierung der Schleppmomente der Doppelkupplung gelegt.

Obwohl die Doppelkupplung im DQ500 einen größeren Durchmesser hat und mit einer höheren Anzahl von Lamellen ausgestattet ist als die im DQ250, konnte das Schleppmoment auf dem Niveau des DQ250 gehalten werden. Bei niedrigen Temperaturen ist es sogar geringer.

5.2 Schmierung und Kühlung

Im DQ 500 nimmt das Öl neben seinen Funktionen zur Getriebschmierung und hydraulischen Betätigung auch die der Kühlung wahr. Durch die gegenüber dem DQ250 deutlich höheren Motormomente besteht für die Doppelkupplung ein höherer Kühlölbedarf als im DQ250. Dieser wird trotz gleicher Pumpenauslegung durch die Reihenschaltung der Kühlölströme gewährleistet. Im Gegensatz zum DQ250, in dem die Ölströme für die Getriebekühlung und die Kupplungskühlung parallel geschaltet sind, wird im DQ500 das Öl zur Getriebekühlung durch eine Rücklaufleitung zur Kupplungskühlung zurückgeführt. Diese Anordnung erhöht die Kühlölmenge um bis zu 10 l/min und hat den Vorteil, dass die Kupplung im Vergleich zum Restgetriebe mit kälterem Öl versorgt wird, da dieses zuvor über den Kühler geleitet wird. Im Ergebnis liegen die Spitzentemperaturen des Kupplungskühlöls trotz höherer Leistungs- und

Arbeitseinträge nicht höher als im DQ250. Das hat vor allem positive Auswirkungen für die Lebensdauer des Öls.

Der Kühlölstrom fließt zunächst durch die K2 und anschließend durch die K1. Dabei wurde besonderer Wert auf eine gute Kühlölverteilung infolge gleichmäßiger Durchströmung aller Lamellen gelegt.

Für die Ölpumpe im DQ500 wurde im Inneren des Getriebes ein Ort gewählt, der vor allem Vorteile für den Bauraum bietet. Darüber hinaus wurde damit auch die Anbindung des Saugfilters deutlich vereinfacht. Im DQ500 wird die Ölpumpe von einem Zahnrad angetrieben, das auf der Kupplungshauptnabe zwischen Drehdurchführung und Kupplungskörper sitzt.

Die Zuführung der Steuer- und Kühlöle in die Kupplung erfolgt entsprechend dem DQ250 durch eine Drehdurchführung, die an die engeren Einbauverhältnisse und größeren Kühlölmengen angepasst wurde. Hier kommen reibungsoptimierte Dichtringe zum Einsatz.

Im DQ500 kommt als Kühlölventil ein präzise stellbares Proportionalventil zum Einsatz. Mit ihm konnte die Kühlölstrategie deutlich verbessert werden. Mit ihm ist es möglich, eine bedarfsorientierte Kühlung für die Doppelkupplung im DQ500 zu realisieren, welche eine genauere Kühlung unter Leichtlast ermöglicht und somit das Schleppmoment reduziert.

Dazu wird die in die Doppelkupplung eingetragene Leistung und Arbeit permanent vom Steuergerät berechnet. Auf Basis dieser Werte wird stets ein passender Kühlölvolumenstrom eingestellt. Im kundenorientierten Betrieb ist dieser geringer als im DQ250, wodurch sich auch die Schleppmomente reduzieren. Diese Maßnahme trägt wiederum zur Steigerung des Getriebewirkungsgrades bei.

Die Doppelkupplung im DQ500 ist eine Eigenentwicklung von Volkswagen. Sie wird mit hoher Fertigungstiefe im Komponentenwerk in Kassel produziert.

6 Software und Applikation

Die Erstellung der Fahrsoftware für die Getriebesteuerung erfolgte durch Volkswagen. Hierzu wurden übernahmefähige Module aus anderen DSG[®]-Projekten portiert sowie DQ500-spezifische Teile neu erstellt und zu einer neuen Volkswagen Gesamt-Software zusammengeführt. Diese Inhouse-Umsetzung erlaubte im Prozess die sehr schnelle Reaktion auf Anforderungen und die effiziente Umsetzung neuer Funktionen. Die dabei genutzten Applikationsstrukturen, Werkzeuge, Verfahren und nicht zuletzt die bereits vorhandenen Erfahrungen aus der Applikation des DQ200 und DQ250 in unterschiedlichsten Fahrzeugkonzepten führen zum wettbewerbsüberlegenen Fahrverhalten der Fahrzeuge mit Doppelkupplungsgetrieben von Volkswagen. Die grobe Struktur mit den übergeordneten Funktionsblöcken gibt Abb. 9 wieder.

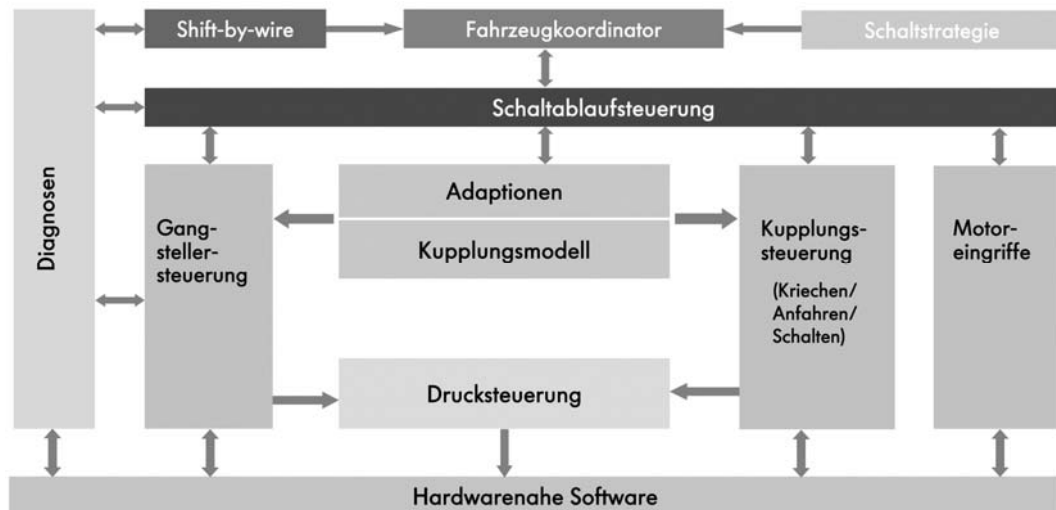


Abb. 9: Softwarestruktur des DQ500
Software structure of the DQ500

Über den im Bild dargestellten Umfang hinaus sind Module implementiert worden, die nicht relevant für die Fahrfunktionen sind, aber für die Produktion und Service des Getriebes notwendig sind. Beispiele sind die Grundeinstellung, die Kalibrierung von Ventilkennendaten oder das Lesen und Schreiben von Werten.

Die entstandenen Softwarestrukturen und Applikationsverfahren dienen als Plattform für die zukünftige Entwicklung aller DSG[®]-Anwendungen. Die Vorteile sind gekennzeichnet durch:

- Wiederverwendbarkeit von entwickelten und abgesicherten Software-Modulen in neuen DSG[®]-Projekten konzernweit; Absicherungsaufteilung auf verschiedene Projekte
- Freie Lieferantwahl für die Hardware des Steuergerätes
- Projektübergreifender Einsatz des eingearbeitenden Personals für Software-Funktionalitäten und Applikation
- Gleiches Tooling (Entwicklungsumgebung ...) für alle DSG[®]-Projekte
- Einheitliche logistische Kette vom Steuergeräte-Lieferant über den Mechatronik- und Getriebebau bis zu den Fahrzeugwerken

6.1 Softwarefunktionen

Die anspruchsvollen mechanischen und zeitlichen Abläufe stellen hohe Anforderungen an die gesamte Regeltechnik des DQ500; die Softwarestruktur ist ein wesentlicher Baustein für die Präzision und den besonderen Komfort des neuen Getriebes. Der Fahrer bemerkt von den komplexen Abläufen so gut wie nichts - selbst dann

nicht, wenn er manuell in die Gangwahl eingreift. Im Folgenden werden die aus Softwaresicht wesentlichen Betriebssituationen dargestellt.

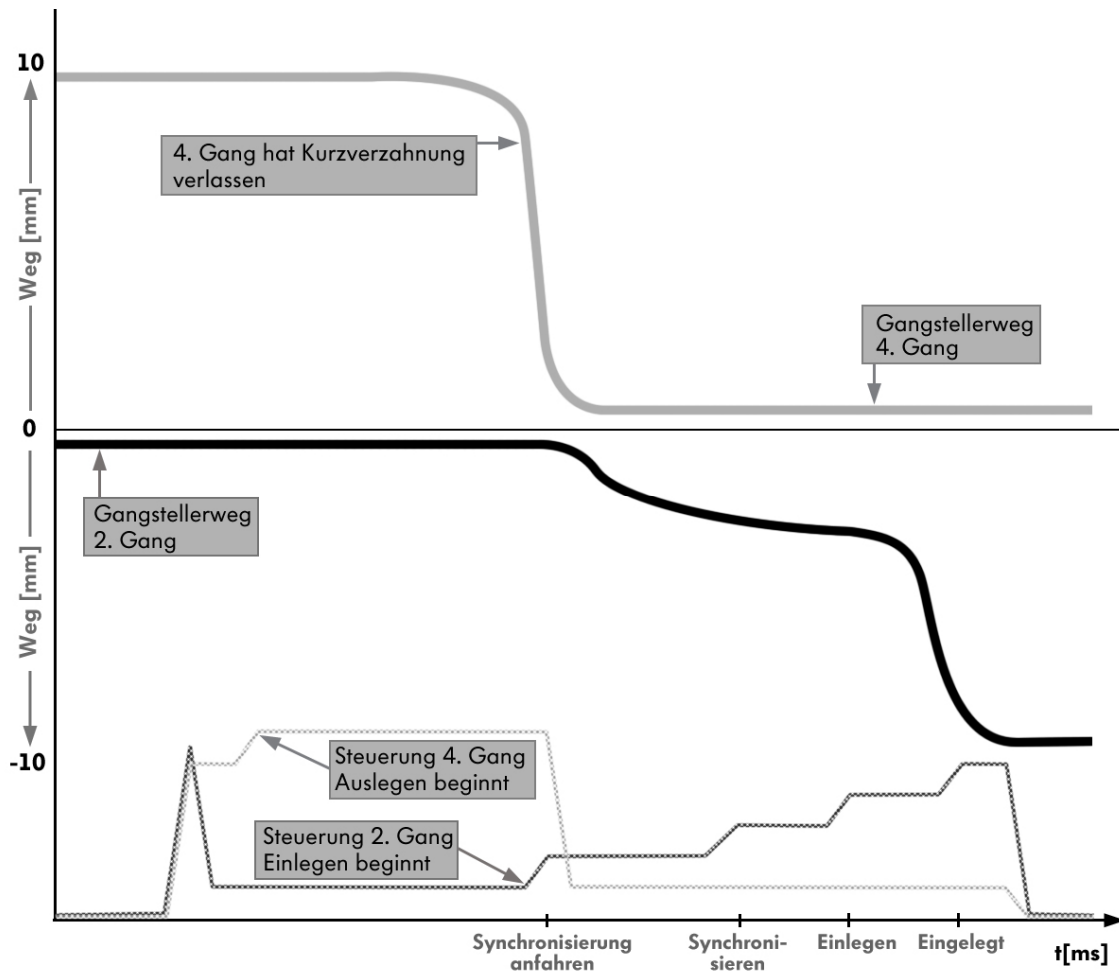


Abb. 10: Rückschaltung von Gang 4 nach Gang 2
Shifting down from 4th gear to 2nd gear

Schaltqualität: Die präzise Regelung dient der weiteren Optimierung der Schaltqualität. Bei Rückschaltungen wird das schlagartige Schließen der Doppelkupplung am Ende der Schaltung durch eine sehr kurze Kupplungsüberschneidung vermieden. Bei Hochschaltungen kommen optimierte Regelstrategien und noch feinere Applikationsmöglichkeiten zur Anwendung. Diese Maßnahmen führen zu einer noch reproduzierbareren Schaltqualität bei deutlich erhöhter Performance.

Gangstellersteuerung: In einem neuen Softwaremodul erfolgt die Regelung der Gangstellergeschwindigkeiten, die durch den Einsatz von Durchflussventilen und durch Nutzung der Druckreglung der Teilgetriebe ermöglicht wird. Die Einlegevorgänge erfolgen sehr schnell und geregelt, ohne dass es zu Einlegegeräuschen

kommt. Die Druckgradienten betragen hier bis zu 20 bar/Sekunde. Weiterhin können parallel Gangeinlege- und Auslegeaktionen erfolgen. Intelligente Strategien für die Gangvorwahl des freien Teilgetriebes erlauben auch den komfortablen Betrieb in akustisch kritischen Fahrsituationen und erlauben schnelle Schaltungen in hochdynamischen Fahrsituationen durch frühzeitiges Voreinlegen des Ganges für die kommende Schaltung.

Kupplungsbefüllung: Neue Algorithmen im zentralen Softwaremodul für die Befüllung erlauben einen schnellen und reproduzierbaren Druckaufbau in den Kupplungen. Die Nutzung der vorhandenen Kupplungsdrucksensorik ermöglicht die Überwachung des Druckaufbaus im Druckkanal zur Kupplung. Damit sind sehr hohe Befüllimpulse für ein deutlich schnelleres Befüllen der Doppelkupplung möglich, ohne dass es zu Befüllrucken kommt. Im Ergebnis erhöht sich gerade bei indirekten Rückschaltungen oder beim manuellen Hochschalten die Schaltgeschwindigkeit.

Fahrstrategie: Es kommt eine Volkswagen-Fahrstrategie zum Einsatz, die bereits ihren Einsatz bei Wandlerautomatikgetrieben und auch bei Doppelkupplungsgetrieben gefunden hat. Für das DQ500 wurden die Fahrstrategiefunktionen nochmals hinsichtlich Bergauf-, Bergabstrategie, Hochschaltverhinderung in Kurven, einer optimalen Gangvoreinlegestrategie bei Bremsvorgängen und beim Wiederanbinden sowie eines sehr dynamischen Fahrverhaltens erweitert.

Kühlölstrategie: Hydraulische Komponenten erlauben es, jederzeit eine bedarfsgerechte Kühlung einzustellen. Aus den in den Kupplungen umgesetzten Leistungen und der Temperatur des aus der Kupplung austretenden Kühlöls wird abhängig vom Fahrzustand immer der erforderliche Kühlölvolumenstrom eingestellt. Die Regelung erfolgt auf Basis eines neuen Temperaturmodells für die Kupplung. Diese Maßnahmen verbessern den Getriebewirkungsgrad und damit den Kraftstoffverbrauch des Fahrzeuges.

Anfahren / Kriechen / Low-Speed-Modus: Weiterentwickelte Verfahren führen zu einem verbesserten Fahrverhalten bei niedrigen Geschwindigkeiten infolge optimierter Hochschaltungen während des Anfahrvorganges. An Steigungen führen erweiterte Funktionen zu einer deutlich geringeren Rückrollneigung. Neue Maßnahmen dienen dem Kupplungsschutz und sorgen dafür, dass das Fahrzeug auch in Fahrsituationen mit sehr hoher Lastanforderung (beispielsweise Anfahren am Berg mit Anhänger) fahrfähig bleibt.

7 Das DQ500 in der neuen Generation von Transporter und Multivan

Während die bekannten DSG[®]-Getriebe bislang in PKW der A0-, A- und B-Klasse eingesetzt werden, erfolgt der erste Einsatz des DQ500 in der neuen Generation von Transporter und Multivan. Mit ihrem Erscheinen hält ein vollkommen neuer Antrieb Einzug in diese Fahrzeuge: Ein neuer 2,0l TDI Motor, der in den Leistungsstufen

103 kW und 132 kW mit dem neuen DQ500 angeboten wird. Hier werden für den Kunden jetzt die DSG-typischen Eigenschaften, wie z. B. Sportlichkeit, Komfort und Effizienz, erlebbar. Auch in den Allradausführungen von Transporter und Multivan wird das Getriebe bereit stehen.

Das neue DSG[®]-Getriebe mit hoher Spreizung bietet den idealen Antrieb in Transporter und Multivan und in seinem Wettbewerbsumfeld ein einzigartiges Fahrerlebnis. Der 7. Gang ist hier als Overdrive ausgelegt, der besonders im kundenorientierten Langstreckenbetrieb verbrauchsreduzierend wirkt. Die Kombination des wirkungsgradoptimierten DQ500 mit dem ebenfalls verbrauchsoptimierten neuen TDI führt zu einer Einsparung von 1,5 l/100 km gegenüber dem Vorgängerantrieb (siehe Abb. 11).

Verbrauch und Emissionen

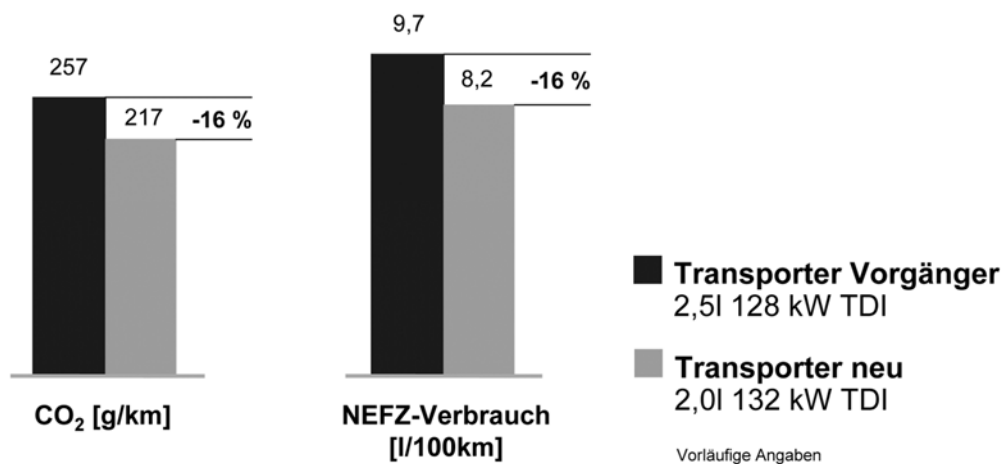


Abb. 11: Verbrauchsreduzierung durch den neuen 2,0l TDI und das neue DQ500
Reduced fuel consumption achieved by the new 2.0l TDI and the new DQ500

8 Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem Doppelkupplungsgetriebe DQ500 erweitert Volkswagen sechs Jahre nach der erfolgreichen Markteinführung des weltweit ersten DSG[®] diese Getriebefamilie erneut. Während das DQ250 für Motormomente bis 350 Nm in der Golf- und Passat-Klasse zum Einsatz kommt, wird das DQ200 dort und in der Polo-Klasse für Motormomente bis 250 Nm angeboten. Nun steht auch für größere Fahrzeugklassen und Motormomente bis 600 Nm ein ebenso ökonomisches wie komfortables DSG[®] zur Verfügung.

Durch gezielte Weiterentwicklungen ist es gelungen, alle positiven Eigenschaften der DSG[®]-Getriebe auf engem Raum und mit gutem Wirkungsgrad umzusetzen. Die gesteckten Entwicklungsziele wurden damit erfüllt.

Seine Eignung für den Allradeinsatz und für hohe Motordrehmomente sowie sportlich orientierte Konzepte weisen darauf hin, dass auch dieses DSG[®] einen wesentlichen Platz im Baukastensystem des Volkswagen-Angebotes finden wird. Mit dem DQ500 erweitert Volkswagen seine DSG[®]-Strategie nach oben und baut seine Position auf dem Markt der Doppelkupplungsgetriebe weiter aus. Die DSG[®]-Technologie leistet nun auch in höheren Fahrzeugklassen ihren Beitrag zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der Emissionen.

9 Literatur

Lösche, T.; Becker, V.; Rudolph, F.; Schreiber, W.
DSG - das Direktschaltgetriebe von Volkswagen [DSG: the Direct Shift Gearbox from Volkswagen].
12. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik, Aachen, 2003

Rudolph, F.; Steinberg, I.; Günter, F.
Die Doppelkupplung des Direktschaltgetriebes DSG der Volkswagen AG [The Dual Clutch on the DSG Direct Shift Gearbox from Volkswagen].
VDI-Berichte Nr. 1786, S. 401-411, Düsseldorf, 2003

Schreiber, W.; Rudolph, F.; Becker, V.
Das neue Doppelkupplungsgetriebe von Volkswagen [The New Dual Clutch Transmission from Volkswagen].
ATZ 105 (2003), Nr. 11, S. 1022-1039

Götte, T.; Pape, Th.
DSG - das Direktschaltgetriebe von Volkswagen [DSG - the Direct Shift Gearbox from Volkswagen].
VDI-Berichte Nr. 1827, S. 35-49, Düsseldorf, 2004

Rudolph, F.; Schäfer, M.; Damm, A.; Metzner, F.-T.; Steinberg, I.
The Innovative Seven Speed Dual Clutch Gearbox for Volkswagen's Compact Cars.
28. Wiener Motoren-Symposium, 26.-27. April 2007, VDI-Fortschritt-Berichte Reihe 12, Nr. 639. S. 242-264, Düsseldorf, 2007