

Das Siebengang-Doppelkupplungs- getriebe von Volkswagen

Mit dem neuen Siebengang-Doppelkupplungsgetriebe DSG (DQ200) stellt Volkswagen zwei Weltpremieren vor: einerseits das erste Siebenganggetriebe für den Front-Quer-Einbau, andererseits das erste Doppelkupplungsgetriebe mit „trockener“ Doppelkupplung. Das Getriebe ist für Drehmomente bis 250 Nm und den Einsatz in der Kompaktklasse sowie, ebenfalls eine Weltpremiere, für Fahrzeuge des Kleinwagensegments konzipiert. Die trockene Doppelkupplung hat als Konstruktionsmerkmal wesentliche Auswirkungen auf das gesamte Getriebe-konzept. Es ermöglicht einen im Vergleich mit dem heute verfügbaren Sechsgang-Doppelkupplungsgetriebe von Volkswagen nochmals deutlich verbesserten Wirkungsgrad und liefert damit einen wesentlichen Beitrag zur Senkung von Verbrauch und Emissionen neuer Fahrzeugkonzepte.

1 Einleitung

Die aktuelle Getriebewelt wird in Europa nach wie vor von klassischen Handschaltgetrieben und in den USA und Japan von Stufenautomaten mit Wandlern dominiert. Beide Getriebetypen besitzen spezifische Vor- und Nachteile:

- Das Handschaltgetriebe zeichnet sich vor allem durch den besten Wirkungsgrad, große Robustheit und geringe Herstellkosten aus. Darüber hinaus offeriert es – aufgrund der direkten Verbindung von Motor und Fahrzeug – Fahrspaß und Sportlichkeit.
- Der Stufenautomat hingegen bietet dem Fahrer vor allem einen hohen Komfort. Das Anfahren und das automatische Wechseln der Gänge geschehen ruckfrei und ohne Unterbrechung der Zugkraft.

Vor diesem Hintergrund hat Volkswagen die Vorteile beider Getriebewelten in einer völlig neuen Getriebegeneration vereint. Aufbauend auf dem Prinzip der vor allem aus dem Motorsport bekannten Doppelkupplung entstand so das Doppelkupplungsgetriebe DSG von Volkswagen, das seit 2003 erfolgreich im Markt ist [1].

Aufgrund seiner Konzeption mit zwei nass laufenden Lamellenkupplungen und verschiedenen automatischen Schaltprogrammen wird dieses Getriebe einerseits den hohen Komfortansprüchen der Automatik-Fahrer gerecht. Andererseits aber, und das ist vor allem für den Einsatz in Europa entscheidend, bietet es Autofahrern, die bislang ausschließlich auf Handschaltgetriebe setzten, völlig neue „Automatikperspektiven“. Wie bei den konventionellen Automatikgetrieben mit Tiptronic-Funktion von Volkswagen kann der Fahrer auch im Falle des DSG manuell Einfluss nehmen. Das DSG schaltet viel schneller und genauso komfortabel wie herkömmliche Automatikgetriebe und löst somit den Zielkonflikt zwischen sportlich-dynamischem Verhalten einerseits sowie ruckfreiem Schalten andererseits in überzeugender Art und Weise, und dabei liegt der Kraftstoffverbrauch – der wesentliche Vorteil des DSG – auf dem niedrigen Niveau eines Handschaltgetriebes. Die Vorurteile, wie sie vor allem unter Fahrern der Kompakt- und Mittelklasse gegenüber Automatikgetriebe vorherrschen, werden damit entkräftet.

Die Vorteile dieses Systems haben seit Markteinführung dazu geführt, dass die Kunden von Volkswagen zunehmend Fahrzeuge mit DSG abnehmen. Volkswagen bietet es überwiegend in Verbindung mit TDI-Motoren und leistungsstarken Ottomotoren an. Im Segment der Kompaktklasse konnte in Europa eine nachhaltige Verschiebung der Einbaurate der Automatikgetriebe von ehemals 5 bis 10 % mit konventionellen Stufenautomaten hin zu 20 bis 30 % mit dem DSG erzielt werden.

Dieser Erfolg zeigt deutlich auf, wie die in der Vergangenheit für den europäischen Markt mehrfach prognostizierte, bisher aber nicht eingetretene Erhöhung der Einbaurate an Automatikgetrieben erreicht werden kann – durch Kombination von Fahrspaß und Verbrauchsreduzierung. Die alleinige Fokussierung auf die Erhöhung des Komforts, eine wesentliche Stärke der bisherigen Automatikgetriebe, ist jedoch nicht zielführend.

Der Erfolg des DSG hat dazu geführt, dass sich auch die großen Hersteller von Automatikgetrieben bei der neuesten Generation der Stufenautomatikgetriebe in Belangen wie Schaltgeschwindigkeit, Sportlichkeit und Wirkungsgrad am Benchmark des DSG orientieren. Insofern hat das DSG einen wesentlichen Beitrag geleistet, um deutliche Fortschritte bei den Automatikgetrieben insgesamt zu erzielen.

Bereits das Sechsgang-Doppelkupplungsgetriebe DQ250 hat Maßstäbe im Kraftstoffverbrauch von Automatikfahrzeugen gesetzt. Teilweise konnte ein Normverbrauch realisiert werden, der unterhalb des Wertes von Handschaltgetrieben liegt [2-4].

2 Unterschiede zum Doppelkupplungsgetriebe DQ250

Der Typ der Doppelkupplung ist maßgebend für die Konzeption des gesamten Getriebes. Im Gegensatz zu dem 2003 eingeführten DQ250, das nasse, in Öl laufende Lamellenkupplungen besitzt, hat das neue Siebengang-DSG DQ200 eine trockene Doppelkupplung mit organisch gebundenen Reibbelägen.

Im DQ250 erfüllt das Getriebeöl mehrere mit gegensätzlichen Anforderungen behaftete Aufgaben. Im Getriebe selbst sind die Verzahnungen und Lager zu

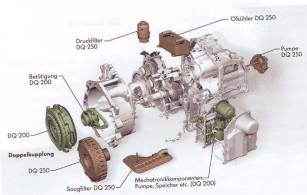


Bild 1: Konzeptionelle Unterschiede zwischen Sechsgang-Getriebe DQ250 mit nasser Kupplung und Siebengang-Getriebe DQ200 mit trockener Kupplung

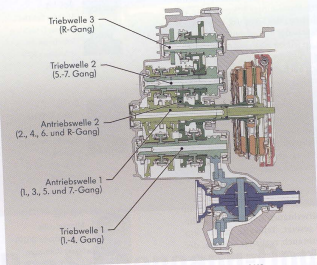


Bild 2: Prinzipdarstellung des Siebengang-Doppelkupplungsgetriebes DQ200

schmieren und die Wärme abzuführen. Das gleiche Öl muss jedoch für die Doppelkupplung spezielle Anforderungen an das Reibverhalten erfüllen. Schließlich verlangt die Mechatronik nach einem Öl mit gutem Viskositätsverhalten, das auch bei tiefen Temperaturen eine ausreichende Reglerqualität zulässt.

Mit der Auftrennung in zwei Ölkreisläufe und dem Trockenreibkontakt in der Kupplung wird dieser Zielkonflikt beim DQ200 vollständig aufgelöst. Das Getriebeöl erfüllt wie bei klassischen Handschaltgetrieben die Aufgabe der

Schmierung und der Kühlung der Verzahnungen und Lager. Da keine Kupplungskühlung erforderlich ist, konnte die Ölmenge im Räderkasten von 6,5 l im DQ250 auf 1,7 l im DQ200 reduziert werden. Die deutlich verringerten Planschverluste sind ein wesentlicher Bestandteil der Verbesserung des Getriebewirkungsgrades. Es entfallen somit spezifische Komponenten des Ölkreislaufs: Saugfilter, Ölkühler und Druckboleitungen im Getriebegehäuse, **Bild 1**. Dadurch wird das System intern vereinfacht und die Anzahl der Schnittstellen zum

Fahrzeug (Ölkühler im Kühlwasserkreislauf) reduziert.

Für den Einsatz bei kleineren Motoren, insbesondere Dieselmotoren mit geringer Drehzahlspitzung, leiten sich folgende Zielgrößen ab, die bei der Entwicklung eines DSG für den Einsatzbereich in Kompakt- und Kleinwagen sowie im Drehmomentbereich unter 250 Nm zu berücksichtigen waren:

- bedarfsgerechte Bereitstellung der Hilfsenergie zur Kupplungsbetätigung und Regelung
- vergrößerte Getriebepräzision zur Verbesserung des Anfahrhaltens und zur Reduzierung der Kupplungsbelastung sowie zur Drehzahlablenkung und Verbrauchsreduzierung im höchsten Gang
- Vereinfachung des Grundsystems und der Peripherie zur weiteren Verbesserung der Robustheit.

3 Konstruktionsmerkmale

Das DQ200 wurde für einen spezifischen Einsatzbereich konzipiert, der sich an den Einsatzbereich des heute verfügbaren DQ250 anschließt. Das maximal übertragbare Motordrehmoment liegt bei 250 Nm, die übertragbare Motorleistung bei 125 kW. Der Einsatz ist in Fahrzeugen der Modellreihen A0, A und B (Polo bis Passat) geplant. Mit einer Baulänge von 369 mm, einem Achsabstand von 179 mm (Kurbelwelle bis Abtrieb) und einem Gesamtgewicht von 77 kg – einschließlich Zweimassenschwungrad – eignet es sich optimal für den Einsatzbereich der Kompaktklasse.

3.1 Getriebeaufbau, Räder und Wellen

Im Gegensatz zum Sechsgang-Doppelkupplungsgetriebe DQ250 wurde das DQ200 als Siebenganggetriebe konzipiert. Diese Erweiterung der Gangzahl resultiert aus grundlegenden Erwägungen:

- Der erste Gang kann etwas kürzer ausgelegt werden, was sich positiv auf das Anfahrverhalten auswirkt.
- Das Sieben-Gänge-Konzept ermöglicht trotz verkürzter Anfahrübersetzung für alle Anwendungen eine komfortable enge Stufung und gleichzeitig einen Overdrive, was sich für den Kunden sowohl im Verbrauch als auch im

Geräuschkomfort positiv bemerkbar macht.

- Das DQ200 besitzt vier Gangsteller. Damit können neben dem Rückwärtsgang sieben Vorwärtsgänge betätigt werden, ohne zusätzliche Kosten für Sensorik und Aktuatoren (Stellglieder) zu verursachen. Die im Vergleich zu sechs Gängen entstehenden Mehrkosten für zwei Zahnräder und einen Synchronring fallen verhältnismäßig gering aus im Vergleich zum Nutzen.

Die trockene Doppelkupplung erfordert einen größeren Bauraum, obwohl sie für kleinere Drehmomente konzipiert wurde als die nasse Doppelkupplung des DQ250. Dieser erhöhte Bauraumbedarf resultiert aus den spezifischen Bedingungen hinsichtlich Gussmassen zur Wärmespeicherung und -abgabe, Verschleißreserve der Reibbeläge und des Betätigungssystems der beiden Kupplungen.

Der Platzbedarf der Doppelkupplung verlangt daher eine besonders kompakte Bauweise des restlichen Getriebes, zumal das Einsatzgebiet die kleinen Fahrzeuge der Kompaktklasse ist. Dazu sind die Vorwärtsgänge und der Rückwärtsgang auf drei Triebwellen angeordnet, **Bild 2**.

Die koaxial angeordneten Antriebswellen besitzen jeweils eine Fest-Los-Lagerung. Der Antriebswelle 1 sind die ungeraden Gänge (1-3-5-7) zugeordnet, während auf Antriebswelle 2 die geraden Gänge (2-4-6) und der R-Gang sitzen.

Die Aufteilung der Gänge „1“ und „R“ ermöglicht beim Rangieren ein schnelles Wechseln zwischen Vorwärts- und Rückwärtsfahrt allein durch Ansteuern der beiden Kupplungen. Die insgesamt fünf Schiebemuffen zur Kopplung der Schalträder werden über vier Schaltgabeln betätigt. Dabei bedient eine der Schaltgabeln die zwei, auf unterschiedlichen Triebwellen angeordnete Schiebemuffen der Gänge „6“ und „R“ [5].

Bei der Konstruktion des Getriebes wurde darauf geachtet, ein möglichst großes Einsatzspektrum abdecken zu können. Die primäre Verwendung ist zwar die Kompaktklasse, die Leistungs- und Drehmomentdaten lassen aber auch den Einsatz in größeren Fahrzeugen wie Touran und Passat zu. Um der zunehmenden Diversifizierung der Fahrzeugklassen und den neuen Crossover-Konzepten Rechnung zu tragen, sind die

Übersetzungsgrenzen sehr weit definiert worden. Während die Spreizung einen Wert von über 8 aufweisen kann, liegt die kürzeste Anfahrübersetzung bei 19,77 und die längste Gesamtübersetzung im siebten Gang bei 1,85.

3.2 Doppelkupplung

Das Prinzip der trockenen Reibkupplungen ist aus Handschaltgetrieben sehr gut bekannt. Der Komfort dieser Systeme hat dank diverser Entwicklungen, wie Verschleißnachstellung und modernen

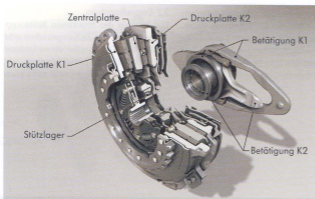


Bild 3: Doppelkupplung und Betätigung

Reibbelägen, ein hohes Niveau erreicht; die Zuverlässigkeit ist sehr groß.

Die Doppelkupplung des DQ200 basiert zwar im wesentlichen auf dieser bekannten Technologie, ist aber deutlich mehr als eine Verdoppelung von bekannten Bauteilen in neuer Anordnung. Wesentliche Konstruktionselemente unterscheiden sich ganz erheblich, wie Bild 3 deutlich macht.

Die Doppelkupplung besteht aus einer Zentralplatte, die auf der Eingangswelle gelagert ist. An beiden Seiten der Zentralplatte befinden sich die Kupplungen K1 und K2. Das Drehmoment des Motors wird über das Zweimassenschwungrad und eine Steckverzahnung an die Zentralplatte und an die beiden Andruckplatten übertragen. Die Betätigung der trockenen Doppelkupplung des DQ200 erfolgt über Einrückhebel, die von den Kupplungskolben der Mechatronik hydraulisch mit Kraft beaufschlagt werden. Diese vollständig ineinander geschachtelten Hebel übertragen die Betätigungskraft über zwei Einrücklager auf das rotierende System der Doppelkupplung.

Der größte Unterschied zwischen Handschalte- und Doppelkupplungen besteht darin, dass die Kupplung eines Handschalgetriebes aktiv geöffnet, also ausgerückt werden muss. Doppelkupplungen müssen dagegen aus Sicherheitsgründen im Fall einer Systemabschaltung selbsttätig öffnen. Die Umkehr des Prinzips von „aktiv öffnend“ in „aktiv schließend“ stellt mehr als nur einen Vorzei-

chenwechsel dar. Ganze Konstruktionsprinzipien und Auslegungskriterien müssen überdacht und neu erstellt werden.

Aus dem Konstruktionsprinzip der aktiv schließenden Kupplung resultiert, dass während des Betriebs eine permanente Einrückkraft anliegt. Damit diese Einrückkraft nicht auf der Kurbelwelle abgestützt werden muss, ist die Doppelkupplung mit einem Stützlager auf der äußeren Eingangswelle gelagert. Dadurch ist die Kupplung auch von den Schwingungen entkoppelt, die von der Kurbelwelle übertragen werden könnten. Ein weiterer Vorteil dieser Lagerung ist, dass die Doppelkupplung – wie auch im DQ250 – fester Bestandteil des Getriebes ist und die Toleranzkette in der für die Schaltqualität maßgeblichen Betätigung der Kupplung deutlich reduziert werden

kann. Das Getriebe kann nach der Montage vollständig geprüft und vermessen werden.

Doppelkupplungen müssen in erster Linie sehr gut und reproduzierbar geregelt werden können. Das erfordert sehr genaue Kenntnisse des Reibwertes und der Reibbeläge, die in einem möglichst großen Betriebsbereich ein konstantes Verhalten zeigen müssen. Nicht nur die untere Reibwertgrenze, sondern auch der maximale Reibwert ist von wesentlicher Bedeutung.

Besonderes Augenmerk bei der Auslegung wurde auf die Kennlinienstabilität der Drehmomentkapazität über Betätigungsweg gelegt. Gleichzeitig war die Rückstellkraft der Hebelfedern in Bezug auf die Regeldynamik zu beachten.

Das Drei-Platten-Design, bestehend aus zwei Druckplatten und der Zentralplatte, bietet eine hohe thermische Stabilität in einem verhältnismäßig kleinen Bauraum. Die Reibbeläge bestehen aus organisch gebundenem Reibmaterial, das auf Blechträger aufgebracht wird. Sie zeichnen sich durch ein günstiges Reibverhalten, geringen Verschleiß und eine hohe Drehzahlstabilität aus.

3.3 Kupplungstemperaturmodell, thermische Belastbarkeit

Das Anfahren an einer Steigung insbesondere mit maximalem Gespannengewicht führt zu einem hohen Wärmeeintrag in das Anfahrlement. Nasslaufende Kupplungen werden aktiv gekühlt, die Wärme kann zeitversetzt an den Kühlwasserkreislauf des Motors abgegeben werden. Wiederholte Anfahrten führen jedoch trotz

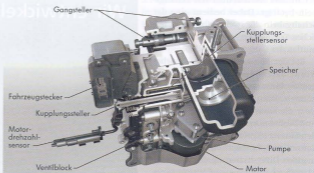


Bild 4: Mechatronikmodul

des Wärmetauschers zu einer Erwärmung des gesamten Getriebes. Bei Erreichen der kritischen Öltemperatur werden beim DQ250 geeignete Schutzmaßnahmen eingeleitet, um eine Überhitzung des Getriebes zu verhindern. Derartige Schutzmaßnahmen sind auch bei Wandlergetrieben erforderlich und üblich.

Bei einer trockenen Doppelkupplung kommt es bei jeder Anfahrt zu einer Erwärmung der beteiligten Andruckplatten. Die gespeicherte Wärme wird durch Konvektion an die umgebende Luft abgegeben. Durch eine verkürzte Anfahrübersetzung wird eine weitere deutliche Reduzierung der thermischen Beanspruchung erreicht, da sich Veränderungen in der Anfahrübersetzung quadratisch auf den Wärmeeintrag auswirken.

Die ausreichende Dimensionierung der Andruckplatten in Verbindung mit einer optimalen Anfahrübersetzung sorgt für eine mit nassen Systemen nahezu vergleichbare Belastbarkeit der Doppelkupplung. Zur Überwachung der Temperaturgrenzen wird auf ein Temperaturmodell zurückgegriffen, das im Steuergerät des Getriebes permanent mitgerechnet wird. Somit ist man in der Lage, die Kupplung vor Überlastung zu schützen, indem geeignete Maßnahmen zur Reduzierung des Kupplungs-Energieeintrags getroffen werden. Im Extremfall wird – wie auch beim DQ250 – der Fahrer informiert beziehungsweise die Kupplung geöffnet. Auf Basis umfangreicher Messungen wurde das Modell kalibriert, so dass es mit hoher Qualität die tatsächlichen Temperaturen an mehreren Stellen der Doppelkupplung abbildet.

3.4 Mechatronik

Die in **Bild 4** gezeigte Mechatronik des DQ200 ist eine autarke Einheit. Sie hat einen eigenen, vom Getriebe getrennten Ölkreislauf, woraus sich eine Reihe von Vorteilen ergibt:

- Die Hydraulikflüssigkeit kann speziell auf die Bedürfnisse des Mechatronikmoduls abgestimmt werden, während für das Getriebe ein normales, bei Handschaltgetrieben übliches Öl verwendet wird.
- Das Tieftemperaturverhalten der Mechatronik ist sehr gut, da bezüglich des Viskositätsverhaltens kein Kompromiss mit den Anforderungen des Getriebes eingegangen werden muss.

- Der Abrieb und Verschleiß des Getriebes wird nicht in die Mechatronik eingetragen. Die Hydraulikflüssigkeit wird nicht kontaminiert.
- Die hohe Reinheit des Hydrauliköls ermöglicht den Einsatz von Cartridge-

Ventilen mit sehr kleinen Spaltmaßen. Damit wird die Leckagemenge deutlich reduziert.

- Mit der trockenen Kupplung entfällt der Bedarf einer hydraulischen Kupplungskühlung, wodurch der Volu-

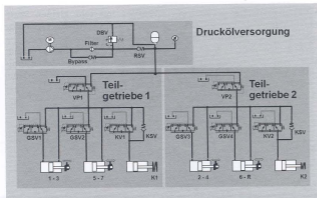


Bild 5: Hydraulikplan

menstrombedarf sinkt und der Einsatz einer elektrisch betriebenen Pumpe in Kombination mit den Cartridge-Ventilen wirtschaftlich wird.

- Das Druckniveau kann gegenüber einer offenen Hydraulik angehoben werden, die Aktuatoren können wegen der höheren Leistungsdichte verkleinert und das Gesamtgewicht des Getriebes reduziert werden.
- Die Mechatronik kann komplett montiert und schon außerhalb des Getriebes vollständig geprüft werden.
- Die Betätigung der Kupplungen und das Wechseln der Gänge sind auch ohne den Verbrennungsmotor möglich. Damit ist die Voraussetzung für einen Hybridantrieb mit Start/Stop-Funktion gegeben.

Der Ölkreislauf besteht aus den Komponenten:

- Pumpe mit elektrischem Antrieb
- Druckfilter
- Druckhalteventil
- Druckspeicher in Form eines Gasdruckkolbenspeichers
- Zwei baugleiche Ventilblöcke zur Ansteuerung des Getriebes
- zwei Kupplungssteller
- vier Gangsteller
- Transmission Control Unit (TCU): Getrieberechner, Sensorik und Fahrzeugstecker.

Der elektrisch kommutierte Synchronmotor zum Antrieb der Pumpe liegt vollständig unter Öl. Die Pumpe fördert die Hydraulikflüssigkeit durch einen Druckfilter und das Druckhalteventil in den

Kolbenspeicher. Während die Mechatronik mit einem Betriebsdruck von max. 40 bar arbeitet, beträgt der Speicherdruck bis zu 60 bar. Die Pumpe wird bedarfsgerecht angesteuert. Während die mittlere Einschaltzeit der Pumpe im Neuen Europäischen Fahrzyklus NEFZ zirka 20 % beträgt, kann sie bei sehr dynamischer Fahrweise auf bis zu 50 % ansteigen.

3.4.1 Ventile

Bild 5 zeigt die Anordnung der Ventile. Sie spiegelt die symmetrische Struktur des Doppelkupplungsgetriebes wieder: In den beiden identisch aufgebauten

Ventilblöcken sind je ein Druckregelventil und drei Volumenstromventile zusammengefasst.

Das Druckregelventil (VP) stellt den Teilgetriebedruck ein. Bei Bedarf kann ein ganzes Teilgetriebe abgeschaltet werden. So kann einerseits der Stromverbrauch während des Betriebs reduziert werden. Im Fall einer Systemstörung kann aber auch mit dem noch verfügbaren Teilgetriebe weiter gefahren werden. Die Verfügbarkeit des Systems ist durch diese Funktion deutlich erhöht.

Die Volumenstromventile (GSV, CV) steuern die Kupplung und die beiden Gangsteller je Teilgetriebe an. Während die Kupplungskolben einseitig gegen die Ausrückkräfte der Kupplung wirken, sind die Gangstellerkolben als Differenzkolben ausgeführt. Die kleinere Kolbenfläche ist permanent mit dem Teilgetriebedruck beaufschlagt. Über das Gangstellerventil wird die doppelt so große Gegenfläche mit Öl aus dem Teilgetriebedruck versorgt und der Gangsteller damit bewegt.

3.4.2 Steuerung

Die Steuerung befindet sich zwischen Getriebe und der Hydraulik, Bild 6. Sie umfasst das Steuergerät, die Sensorik sowie die Leistungselektronik zur Ansteuerung der Hydraulik und der Druckversorgung. Ein Aluminium-Druckgussrahmen stellt das Grundelement dar, das die einzelnen Elemente verbindet. Da die

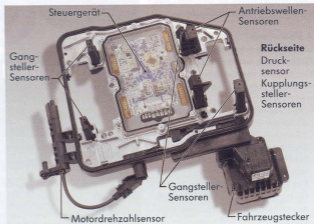


Bild 6: Steuergerät

Steuerung integraler Bestandteil des Getriebes ist, sind im Betrieb erhöhte Umweltanforderungen zu erfüllenden:

- Temperaturbereich: -40°C bis 140°C
- maximal auftretende Vibrationsfestigkeit 33 g
- Beständigkeit gegen zwei verschiedene Medien (Hydraulik- und Getriebeöl)
- Dichtfunktion gegen verschiedenste Medien (Hydraulik, Getriebeöl, Wasser, Schmutz).

Um diese hohen Anforderungen zu erfüllen, wurde das Steuergerät als Elektronik auf Keramiksubstrat realisiert. Diese Technologie erfüllt die hohen Temperaturanforderungen und ermöglicht eine sehr kompakte Bauweise. Das Steuergerät ist eigensicher nach VDA EGAS 2.0. Das Herz bildet ein 32-bit-Prozessor der Infineon-Tricore-Familie.

Die Sensorik beinhaltet:

- Wegsensoren zur Positionserfassung der Kupplungs- sowie Schaltgabelposition
- Sensoren zur Erfassung von Motor- und Eingangswellendrehzahlen
- Sensor für Systemdruck
- Sensor für Mechatroniktemperatur.

Die Wegmessung der Schaltgabeln erfolgt über je zwei Hallgeber, wobei die Magnete direkt an den Schaltgabeln positioniert sind. Für die Kupplungswege werden die ebenfalls berührungslos ar-

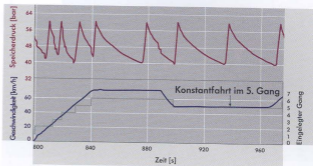


Bild 7: NEFZ-Zyklus, außerstädtischer Anteil

beitenden PLCD-Sensoren verwendet, Bild 4.

Die Ansteuerung der Hydraulik umfasst stromgeregelt Ventiltrieb und Leistungselektronik für den elektronisch geregelten Motor. Die Verbindungen vom Steuergerät zu den Sensoren, den Leistungsausgängen und zum Fahrzeugstecker erfolgen weitgehend über die sogenannte Flexfolientechnik – in Kunststoff eingebettete Leiterbahnen.

Der hohe Vernetzungsgrad im Fahrzeug erlaubt die Reduzierung der Schnittstelle zwischen Steuerung und Fahrzeug (Fahrzeugstecker) auf die Spannungsversorgung sowie den CAN-Bus.

Welche Komplexität die Steuerung eines Doppelkupplungsgetriebes besitzt, ist an der Parametrierbarkeit der Software erkennbar. So stehen zur Kalibrierung des Systems zirka 6000 Einzelparameter, 600 Kennlinien und 150 Kennfelder zur Verfügung.

4 Getriebewirkungsgrad und Kraftstoffverbrauch

Der Getriebewirkungsgrad resultiert aus mechanischen, hydraulischen und elektrischen Verlusten. Effiziente Automatikgetriebe erfordern mechanische Wir-

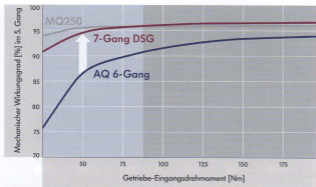


Bild 8: Mechanischer Wirkungsgrad im Vergleich

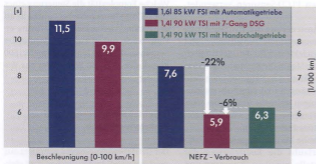


Bild 9: Vergleich: VW Golf mit Dttomotor und Automatikgetriebe

kungsgrade auf dem Niveau der Handschaltgetriebe und möglichst geringen zusätzlichen Leistungsbedarf für die Automatikfunktionen. Hier verfügt das Getriebe DQ200 über entscheidende Vorteile gegenüber allen heute verfügbaren Automatikgetrieben.

4.1 Elektrische Leistungsaufnahme

Bild 7 zeigt einen Ausschnitt des Fahrens außerorts (EUDC) im NEFZ. Das Fahrgeschwindigkeitsprofil und der gewählte Gang sind überlappend dargestellt. Bei Erreichen eines Mindestdrucks von 40 bar lädt die Pumpe den Druckspeicher wieder auf 60 bar auf.

Die geringere Anzahl an Schaltaktionen bei konstanter Fahrt führt zu geringerem Energieverbrauch und damit zu längeren Speicherdruckhaltezeiten. Für den gesamten NEFZ beträgt der Bedarf an elektrischer Leistung der Ventile, des Steuergeräts und der Sensoren nahezu

konstant 30 W. Der über den NEFZ gemittelte Leistungsbedarf des Pumpenmotors beträgt 20 W. Der Gesamtbedarf elektrischer Leistung beträgt daher 50 W. Im Vergleich zu den 20 W elektrischer Pumpenleistung des DQ200 beträgt der mittlere Bedarf der mechanischen Pumpenleistung im NEFZ bei konventionellen Automatikgetrieben und dem DQ250 zirka 500 W.

4.2 Mechanischer Wirkungsgrad

Bild 8 zeigt beispielhaft die gemittelten mechanischen Wirkungsgrade im 5. Gang. Die Mittelung der Kennfeldwerte erfolgt über einen Leistungsdurchsatz von 2,5 kW bis 125 kW bei einer Getriebeöltemperatur von 90 °C. Das Handschaltgetriebe MQ250 sowie das Sieben-Gang-DSG weisen die besten mechanischen Wirkungsgrade auf. Einen großen Vorteil des DSG stellt das im Vergleich zu anderen Automatikgetrieben geringe

Getriebeölvolumen von 1,7 l dar, wodurch die Planschverluste minimiert werden. Hinzu kommt die bereits erläuterte bedarfsgerechte Versorgung mit Hilfsenergie.

Der geringfügig bessere mechanische Wirkungsgrad des Handschaltgetriebes MQ250 im Vergleich zum DQ200 ergibt sich aus der Ausführung als Getriebe mit einer Triebwelle im Gegensatz zum kürzer bauenden Getriebe DQ200 mit drei Triebwellen.

Es wird deutlich, dass durch den Einsatz des DSG mit trockener Doppelkupplung ein erheblicher Fortschritt bezüglich des Wirkungsgrades von Automatikgetrieben erreicht wird. Dieser Vorteil liegt in einer Größenordnung, der konzeptionell von konventionellen Automatikgetrieben nicht erreicht werden kann.

4.3 Kraftstoffverbrauch im NEFZ

Für den Kunden stellt der Kraftstoffverbrauch, von den Getriebewirkungsgraden mitbestimmt, ein entscheidendes Kaufkriterium dar. Bild 9 vergleicht beispielhaft die Verbrauchswerte unterschiedlicher Antriebskonzepte im NEFZ.

Im Vergleich zum Vorgänger mit klassischem Sechsgang-Wandlerautomatikgetriebe und 1,6-l-FSI-Ottomotor werden mit den modernen Aggregaten Sieben-Gang-DSG und 1,4l-90-kW-TSI-Ottomotor samt Aufladung und Direkteinspritzung bessere Beschleunigungswerte und eine höhere Fahrdynamik bei deutlich niedrigerem Verbrauch erreicht. Insgesamt sinkt der Kraftstoffverbrauch um bis zu 22 %. Der Verbrauch liegt bei dieser Motorisierung sogar 6 % unter dem des Handschaltgetriebes.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem Doppelkupplungsgetriebe DQ200 erweitert Volkswagen vier Jahre nach der erfolgreichen Markteinführung des weltweit ersten DSG diese Getriebefamilie. Während das DQ250 in der Golf- und Passat-Modellreihe konzentriert für Motorisierungen bis 350 Nm Anwendung findet, wird das DQ200 in denselben Modellreihen in Verbindung mit Motoren bis 250 Nm angeboten. Ebenso ist der Einsatz in der Polo-Plattform vorgesehen.

Durch den Einsatz einer autarken Mechatronik mit elektrisch angetriebener Pumpe, der trockenen Doppelkupplung und einer konsequenten Getriebeauslegung mit optimalem Gesamtwirkungsgrad ist es dabei die Basis für Automatikfahrzeuge mit reduziertem Kraftstoffverbrauch. Gleichzeitig zeichnet sich das neue DSG durch den gewohnt hohen Fahrkomfort aus.

Mit dem Einsatz des DQ200 rundet Volkswagen seine DSG-Strategie nach unten hin ab. Mit der Entwicklung und Markteinführung dieses innovativen Getriebes mit trockener Doppelkupplung leistet Volkswagen auf dem Gebiet der Fahrzeuggetriebe einen wesentlichen Beitrag zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der Emissionen.