

Das neue  
**Doppelkupplungs-  
getriebe**  
**von Volkswagen**



Die Vorteile von Handschaltgetrieben und Stufenautomaten in einem Getriebe zu vereinen, war das Ziel bei der Entwicklung des neuen Doppelkupplungsgetriebes von Volkswagen. Aufbauend auf dem Prinzip der Doppelkupplung, das vor allem aus dem Motorsport bekannt ist, entstand in den vergangenen sechs Jahren das sogenannte Direktschaltgetriebe (DSG), das aufgrund der innovativen Konzeption mit zwei nasslaufenden Lamellenkupplungen und verschiedenen automatischen Schaltprogrammen den Ansprüchen von Automatikfahrern ebenso wie den Handschaltgetriebe-Fahrern gerecht wird.

Vor diesem Hintergrund setzte sich Volkswagen das Ziel, die Vorteile beider Getriebetypen in einem Getriebe zu vereinen. Aufbauend auf dem Prinzip der Doppelkupplung, das vor allem aus dem Motorsport bekannt ist, entstand so in den vergangenen sechs Jahren das neue Direktschaltgetriebe (DSG). **Titelbild.**

Aufgrund der innovativen Konzeption mit zwei nasslaufenden Lamellenkupplungen und verschiedenen automatischen Schaltprogrammen wird dieses Getriebe einerseits den hohen Komfortansprüchen von Automatikfahrern gerecht und bietet andererseits dem Handschaltgetriebefahrer die Möglichkeit der direkten Einflussnahme und der blitzschnellen, ruckfreien Schaltungen. Der Kraftstoffverbrauch liegt dabei auf dem Niveau eines Handschaltgetriebes.

## 2 Entwicklungsziele

Zu den zentralen Entwicklungszielen im Rahmen der DSG-Entwicklung zählte das Erreichen von Bestwerten in den Bereichen Fahrleistungen (zur Vermittlung von Fahrdynamik und Fahrspaß), Gesamtwirkungsgrad (zur Realisierung niedriger Kraftstoffverbrauchswerte) und Schaltzeiten (möglichst kurz bei gleichzeitig hohem Schalt-

komfort). Dem Trend zu immer drehmoment- und leistungsstärkeren Motoren war darüber hinaus ebenso Rechnung zu tragen – ein Trend, der nicht zuletzt aufgrund der erfolgreichen TDI-Motoren längst auch die Kompaktklasse erreicht hat.

Zudem bestand eine weitere wichtige Zielsetzung darin, das DSG in Hinblick auf die Herstellkosten wettbewerbsfähig im Vergleich zu modernsten Sechsganggetrieben zu konzipieren. Die Bauraumanforderungen sahen den Einsatz in allen Pkw-Plattformen des Volkswagen-Konzerns mit Motor-Queranordnung vor.

Zusammengefasst waren folgende Entwicklungsziele zu erreichen:

- Kraftstoffverbrauch und Fahrleistungen besser oder gleich wie bei Handschaltgetrieben
- kürzeste Schaltzeiten
- Schaltkomfort besser oder gleich wie der von konventionellen Automatikgetrieben
- Einsatz für ein Motordrehmoment bis 350 Nm und Motorleistungen bis 200 kW, optional als Allradantrieb
- Ausführung als Sechsganggetriebe mit einer Getriebespreizung > 8 bei freier Übersetzungswahl

## 1 Einleitung

Die aktuelle Getriebewelt wird in Europa von Handschaltgetrieben und in den USA sowie Japan von Stufenautomaten mit Wandler dominiert. Beide Getriebetypen besitzen spezifische Vor- und Nachteile: Das Handschaltgetriebe zeichnet sich vor allem durch den besten Wirkungsgrad, große Robustheit, geringe Herstellkosten und – aufgrund der direkten Verbindung von Motor und Fahrzeug – auch durch Fahrspaß und Sportlichkeit aus. Der Stufenautomat hingegen bietet dem Fahrer vor allem einen hohen Komfort, das Anfahren und das Wechseln der Gänge geschieht ruckfrei und ohne Unterbrechung der Zugkraft.

- kompakte Bauweise für den Einsatz in allen Pkw-Front-Quer-Plattformen
- Einsatz kostengünstiger, modularer Bauteile aus vorhandenen Handschaltgetrieben
- nasslaufende Lamellenkupplungen als Anfahr- und Schaltelement
- Vermittlung von Fahrdynamik und Fahrspaß.

### 3 Konzeptbeschreibung

Ein Doppelkupplungsgetriebe ist prinzipiell als Parallelschaltung zweier autarker Teilgetriebe zu verstehen. Jedes dieser Teilgetriebe ist dabei funktionell wie ein konventionelles Handschaltgetriebe konzipiert. Wie in **Bild 1** zu sehen ist, verzweigt sich das Drehmoment des Motors über zwei Kupplungen (K1 und K2) auf das zugehörige Teilgetriebe, wobei dem Teilgetriebe 1 die Gänge 1, 3, 5 und R, dem Teilgetriebe 2 die Gänge 2, 4 und 6 zugeordnet sind. Während in einem Teilgetriebe bei geschlossener Kupplung die Momentenübertragung vom Motor zu den Rädern erfolgt, kann im zweiten Getriebe – das durch die geöffnete Kupplung momentenfrei ist, durch Aus- beziehungsweise Einlegen von Gängen der nächste Schaltvorgang des Getriebes vorbereitet werden. Ist der Schaltpunkt erreicht, müssen durch das wechselseitige Öffnen beziehungsweise Schließen der jeweiligen Kupplung die zugehörigen Teilgetriebe vom Leistungsfluss getrennt oder zugeschaltet werden. Diese Überschneidung läuft sehr schnell und ohne Unterbrechung der Zugkraft ab. Genau das führt für den Fahrer zu bisher nicht bekannten Schaltzeiten auf höchstem Komfortniveau. Folge: Das sich daraus ergebende direkte Triebstranggefühl ist einzigartig für ein Fahrzeug mit Automatikgetriebe.

Einen besonderen Schwerpunkt bildete die Entwicklung und kontinuierliche Optimierung zugkraftunterbrechungsfreier, „direkter“ Schaltungen innerhalb eines Teilgetriebes. Diese vermeintliche „Achillesferse“ im Schaltablauf von Doppelkupplungsgetrieben hat in der Vergangenheit häufig zu Projektentscheidungen gegen das Getriebekonzept geführt, da diese Schaltungen als besonders kritisch bezüglich Schaltgeschwindigkeit und Schaltkomfort betrachtet wurden. Das Ergebnis der Entwicklung bei Volkswagen sind Schaltabläufe – zum Beispiel zu beobachten an einer schnellen Rückschaltung von 6 nach 2 (siehe Kapitel 5) – die aktuell von keinem anderen Automatikgetriebe erreicht werden. Volkswagen zeigt mit dem DSG weltweit erstmals, wie dieses „Systemproblem“ von Doppelkupplungsgetrieben überzeugend gelöst wurde.

### 3 Konzeptbeschreibung

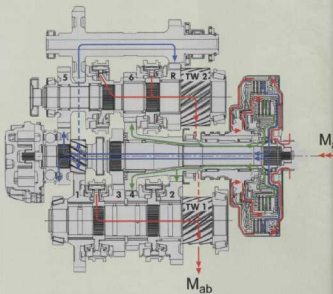
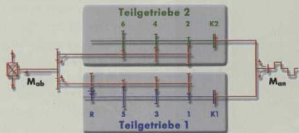


Bild 1: Prinzipbild des DSG  
Figure 1: illustration of the DSG principle

### 4 Getriebeaufbau, Räder und Wellen

In **Bild 2** ist der Hauptschnitt des Getriebes dargestellt. Das Drehmoment des Motors wird über einen Zwei-Massen-Feder-Dämpfer und eine Steckverzahnung in die Kupplungseinheit geleitet. Ein Zwischenblech trennt dabei den trockenen vom nassen Kupplungsraum.

Die radiale Anordnung beider dem Getriebe vorgeschalteten Kupplungen führt zu einem sehr kompakten Anfahr-/Schaltelement. Die äußere der beiden Kupplun-

gen (im Weiteren K1 genannt) wurde sowohl für den 1. als auch für den Rückwärtsgang als Anfahr-/Schaltkupplung ausgelegt. Die K1 ist ebenfalls den Gängen 3 und 5 als Schaltkupplung zugeordnet. Die innere der beiden Kupplungen (K2) dient als Schaltelement für die geraden Gänge 2, 4 und 6.

Das Drehmoment des Motors wird bei geschlossener K1 über die innenliegende Getriebeeingangswelle (EW1) auf die Schalträder der Gänge 1, 3 und 5 beziehungsweise über die Zwischenwelle auf das Schaltrad des Rückwärtsgangs geleitet. Die Kupplung K2 überträgt das Drehmo-

## 4 Getriebeaufbau, Räder und Wellen

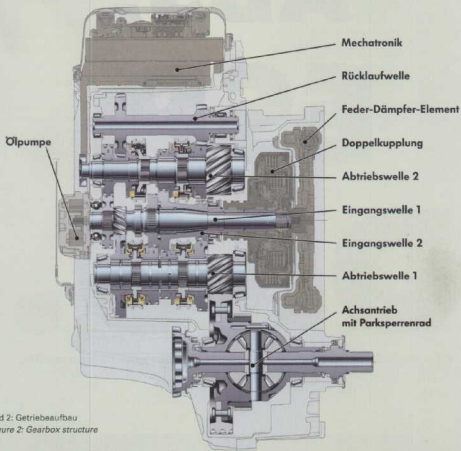


Bild 2: Getriebeaufbau  
Figure 2: Gearbox structure

ment über die äußere Getriebeeingangswelle (EW2) auf die Schalträder der Gänge 2, 4 und 6. Eine dritte Welle – konzentrisch in der EW1 angeordnet – treibt die der Doppelkupplung gegenüberliegend angeordnete Ölpumpe mit Motordrehzahl an.

Die Schaltäder der Gänge 1, 2, 3 und 4 sind auf der ersten Abtriebswelle (AW1) angeordnet und übertragen das Drehmoment auf den Achsantrieb. Er ist ebenfalls mit der zweiten Abtriebswelle (AW2) verbunden, auf der wiederum die Schaltäder der Gänge 5, 6 und R platziert sind. Die Besonderheit eines Doppelkupplungsgetriebes wird dabei an der Anordnung der einzelnen Gänge deutlich. Anders als bei konventio-

nellen Handschaltgetrieben sind hier die Gänge 1 und 3, 2 und 4 sowie 6 und R jeweils einer Schalteinheit zugeordnet.

Die für Automatikgetriebe obligatorische Parksperre zur Sicherung des Fahrzeugs gegen Wegrollen wurde beim DSG in den Achsantrieb integriert. Die Räder und Wellen sind wie alle anderen Baugruppen in einem zweiteiligen Gehäuse aus Aluminium gelagert. Die Mechatronik als Einheit, bestehend aus elektrohydraulischer Steuereinheit sowie elektronischem Steuergerät mit Sensor modul, ist senkrecht vor dem Räderkasten angeordnet. Über eine einzige Steckerverbindung wird die Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Getriebe realisiert.

## 4.1 Doppelkupplung

Die Doppelkupplung des DSG ist in gemeinsamer Arbeit zwischen Volkswagen und dem Entwicklungspartner Borg-Warner entstanden. In Bild 3 sind die Hauptbaugruppen der Doppelkupplung erkennbar. Dem Momentenfluss folgend wird das von einem Zwei-Massen-Feder-Dämpfer übertragene Drehmoment des Motors über eine Steckverzahnung in die Eingangsnahe der Kupplung geleitet. Von dort aus gelangt es über die Mitnehmerscheibe in das Kupplungsgehäuse beziehungsweise den Außenlamellenträger der Kupplung K1 und weiter in die Hauptnahe sowie den Außenlamellenträger der Kupplung K2. Die

## 4.1 Doppelkupplung

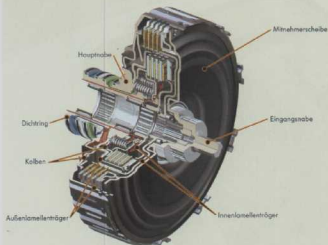


Bild 3: Kupplung mit den Hauptbaugruppen  
Figure 3: Clutch with main assemblies

## 4.2 Schaltaktorik



Bild 4: Schaltaktorik am Beispiel Schaltgabel 1./3. Gang  
Figure 4: Gearshift actuator system using the selector fork for 1st/3rd gear as an example

Hauptnabe der Kupplung wird über zwei Nadellager auf der EW2-Reibungsarm gelagert. Das Drehmoment fließt von den motorseitig angeordneten Stahllamellen auf die den Innenlamellenträgern zugeordneten Reiblamellen und weiter auf die EW1 beziehungsweise EW2.

Die Betätigungskolben beider Kupplungen sind fliehölkompensiert und arbeiten gegen reibungsoptimierte Rückstellfedern. Das Drucköl zur Kupplungsbetätigung wird aus Ringkanälen über eine Drehdurchführungshülse mit axial verlaufenden Kanälen den Kolbenräumen zugeführt. Durch axial in der Hauptnabe verlaufende Kanäle wird die Doppelkupplung intensiv mit einem stufenlos einstellbaren Kühlölstrom versorgt. Ein im Kupplungsraum angeordneter Sensor überwacht die Temperatur des aus der Kupplung austretenden Schleuderöls und dient zur Steuerung der für die Kupplungsfunktionalität optimalen Kühlmengen.

Durch den im Bedarfsfall zur Verfügung stehenden Kühlölstrom von bis zu 20 l/min in Kombination mit einem hohen Wärmespeichervermögen der Doppelkupplung sind kurzzeitig Reibleistungen bis zu 70 kW induzierbar. Das Nennmoment der Kupplung von 350 Nm wird bei einem Ansteuerdruck von 10 bar übertragen.

Insbesondere durch die gute Regelbarkeit steht ein Anfahrlement zur Verfügung, das optimal auf die jeweilige Motorisierung, Fahrsituation und Umgebungsbedingungen angepasst werden kann – mit einem hydrodynamischen Wandler ist dies nicht möglich. Durch den Einsatz dieser Doppelkupplung in Verbindung mit schnellen Gangwechseln erlebt der Fahrer ein für Automatikgetriebe völlig neues, direktes „Triebstranggefühl“ – diese Tatsache soll im Übrigen auch durch die Bezeichnung des Getriebes als Direktschaltgetriebe zum Ausdruck kommen.

### 4.2 Schaltaktorik

Das Schalten der sechs Vorwärtsgänge und des Rückwärtsgangs geschieht über hydraulisch betätigte Schaltgabeln, die im Gehäuse gelagert sind, Bild 4. Im DSG sind vier unabhängig voneinander zu betätigende Schaltgabeln angeordnet, die direkt auf die Schaltmuffen der Gänge 1/3, 2/4, 6/R und 5 wirken.

Die definierte Position jeder Schaltgabel ergibt sich einerseits durch im Gehäuse fixierte Rastierungshülsen, andererseits durch auf beide Schienenenden wirkende Betätigungskolben. Der auf die Kolben einwirkende Öldruck verschiebt die gesamte Einheit in die jeweilige Schalterichtung. Eine Polplatte mit je zwei Magneten liefert über einen Hallsensor ein analoges Wegsignal.

**4.3 Ölhaushalt: Schmierungs-, Kühlungs- und Filterkonzept**

Bild 5: Aufbau Getriebeölpumpe  
Figure 5: Gearbox oil pump structure

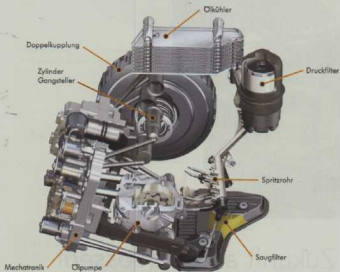


Bild 6: Ölhaushalt Getriebe  
Figure 6: Gearbox oil system

Die Lagerung erfolgt über Kugelhülsen, die sich auf Stahlhülsen im Gehäuse abstützen. Diese Hülsen bilden gleichzeitig den Zylinderraum für die Betätigungskolben. Der zur Betätigung notwendige Druck kann variabel zwischen 0 und maximal 20 bar eingestellt werden. Damit kann einerseits eine variable Schaltgeschwindigkeit eingestellt, andererseits mit Hilfe der Sensorik hochgenau eine Position angefahren und überwacht werden.

**4.3 Ölhaushalt: Schmierungs-, Kühlungs- und Filterkonzept**

Alle hydraulischen Funktionen des DSG werden über einen gemeinsamen Ölhaushalt dargestellt. Die Konstruktion des Gehäuses wurde so ausgeführt, dass circa 6,5 l ATF im Ölsumpf zu keinen Beeinträchtigungen des Getriebewirkungsgrades durch zu große Eintauchtiefen der rotierenden Bauteile führen. Wesentliche Funktionen des Getriebeöls sind:

- Schmierung sowie Kühlung von Rädern, Wellen, Lagern und Synchronbaugruppen
- Schmierung, Kühlung sowie Betätigung der Doppelkupplung
- Betrieb der hydraulischen Steuereinheit
- Betätigung der Gangstelleraktuatorik.

Zur Erfüllung dieser vielfältigen Funktionen wurde ein spezielles, vollsynthetisches ATF entwickelt. Dabei musste sichergestellt werden, dass die tribologischen Anforderungen – insbesondere hinsichtlich des Reibwertverlaufs der Doppelkupplung – über die gesamte Lebensdauer erfüllt werden. Es galt, die Forderung nach Minimierung der Schleppmomente der Kupplungen, dem Betrieb der hydraulischen Steuereinheit und die Anforderungen zur Schmierung der Verzahnungen in Einklang zu bringen.

Das ATF wird aus dem Ölsumpf über den Saugfilter und ein Verbindungsrohr durch die Getriebeölpumpe, Bild 5, angesaugt. Die Ölpumpe ist als Sichelpumpe mit Trochoidenverzahnung in einem zweiteiligen Gehäuse ausgeführt. Der maximale Betriebsdruck ist auf 20 bar ausgelegt. Da die Leistungsaufnahme der Ölpumpe nennenswert zu den gegenüber Handschalgetrieben schlechteren Getriebewirkungsgraden von Automatikgetrieben beiträgt, wurde die Optimierung der Pumpe hinsichtlich volumetrischen und mechanischen Verlusten intensiv betrieben. Das Ergebnis der Arbeiten führt zu einer Leistungsaufnahme im Betriebspunkt der maximalen Fahrgeschwindigkeit, die bei lediglich 2,0 kW liegt.

Das Drucköl wird der hydraulischen Steuereinheit, Bild 6, über im Getriebegehäuse verlaufende Bohrungen zugeführt. Von dort aus gelangt das Fluid über Verbindungskanäle und Bohrungen zu den Gangstelleraktoren, zur Kupplung sowie zum Öl-Wasser-Wärmetauscher mit in Reihe geschaltetem Druckfilter und Ölspritzrohr.

Die Zielsetzung nach optimiertem Wirkungsgrad mit geringsten Verzahnungs- und Planschverlusten hat zur Entwicklung einer Einspritzschmierung geführt. Über das in Bild 6 dargestellte Ölspritzrohr mit zwei Flachdüsen werden die obenliegenden Schaltmuffen und über sechs separate Düsen die Laufverzahnung aller Gänge intensiv mit Öl versorgt. Damit wird das am Kühlerausgang zur Verfügung stehende Drucköl äußerst effizient zur Schmierung eingesetzt.

Die Leistung des Ölkuhlers kann im Vergleich zu anderen Automatikgetrieben aufgrund des guten Getriebewirkungsgrades relativ klein bemessen werden; teure fahrerseitige Wärmetauscher sind nicht erforderlich. Der Einbauraum und die Adaption zum Getriebegehäuse wurde so gewählt, dass für verschiedene Motoren un-



terschiedliche, auf die jeweilige maximale Verlustleistung abgestimmte Kühler zum Einsatz kommen können.

#### 4.4 Mechatronik-Modul

Das Mechatronik-Modul, bestehend aus einem elektronischen Steuergerät mit Sensormodul und der elektrohydraulischen Steuereinheit (Schieberkasten), stellt die zentrale Steuereinheit des Getriebes dar. Bild 7. Alle Informationen laufen hier von hier aus initiiert und überwacht.

Die Einheit beinhaltet insgesamt zehn Einzelsensoren. Es werden hydraulisch acht Gangstellzylinder, zwei Kupplungsdrücke sowie der Kühlölstrom über sechs Druckmodulationsventile und fünf Schaltventile geregelt beziehungsweise gesteuert.

Das elektronische Getriebesteuergerät mit Sensormodul wurde gemeinsam mit der Conti Tecnic microelectronic GmbH entwickelt. Direkt im Getriebe platziert, bildet die Elektronik im Zusammenspiel mit der hydraulischen Steuerung eine kompakte Einheit. Die Vorteile dieser im Getriebe integrierten Steuerung liegen auf der Hand:
 

- Der Großteil der Sensorik ist im Steuergerät integriert

- elektrische Aktuatoren sind direkt an das Steuergerät angeschlossen

- separate Gehäuse für einzelne Sensoren entfallen

- notwendige fahrzeugseitige elektrische Schnittstellen erfolgen über nur einen zentralen Stecker.

Das Ergebnis ist eine Minimierung der Anzahl an Steckverbindungen und Leitungen. In der Folge zeigen sich deutliche Gewichtseinsparungen und eine größere Zuverlässigkeit von Elektrik beziehungsweise Elektronik.

Die Integration des elektronischen Steuergeräts in das Getriebe stellt höchste Anforderungen an die thermische und mechanische Belastbarkeit. Mögliche Temperaturen von  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $+150^{\circ}\text{C}$  und auftretende mechanische Schwingbeschleunigungen bis zu  $33\text{ g}$  dürfen die Funktionstüchtigkeit der Elektronik nicht beeinträchtigen. Die elektronischen Schaltungen sind in modernster Hybridtechnik ausgeführt und überdies durch ein Gel vor Umwelteinflüssen geschützt. Darüber hinaus umgibt ein widerstandsfähiges Kunststoffgehäuse das vom Getriebeöl umströmte Steuergerät. Ein Teil des hydraulischen Steuergeräts, der unter anderem als Träger der Hybridschal-

tung und zur Wärmeableitung dient, ist mit dem Kunststoffgehäuse der Steuerelektronik fest verbunden.

Die Aktuatoren des hydraulischen Steuergeräts setzen die von der Steuerelektronik und der Fahrstrategie ermittelten Vorgaben um. Dabei sind insbesondere die Dynamik und Regelgüte der Hydraulikventile für die Doppelkupplung von besonderer Qualität, um den unterschiedlichen Anforderungen beim Anfahren und Schalten unter allen Betriebsbedingungen gerecht zu werden.

#### 5 Steuerungsverfahren und -funktionen

Der besondere konstruktive Aufbau des Getriebes verlangt nach ausgefeilten verfahrenstechnischen Ansätzen; dies gilt insbesondere für das Einlegen der Gänge und das Betätigen beider Kupplungen. Der Fahrer sollte außer der spontanen und schnellen Änderung der Motordrehzahl sowie einer harmonischen Änderung des Radmomentes nichts von alledem bemerken.

Anhand von einer im Fahrzeug aufgezeichneten Messung, die einen Schaltvorgang beschreibt, soll ein Einblick in die ho-

#### 4.4 Mechatronik-Modul

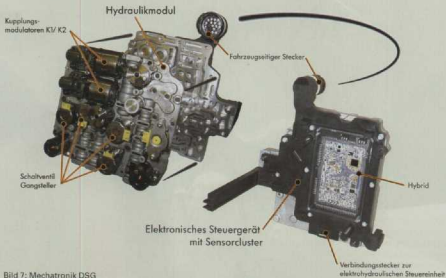


Bild 7: Mechatronik DSG  
Figure 7: DSG mechatronics



## 5 Steuerungsverfahren und -funktionen

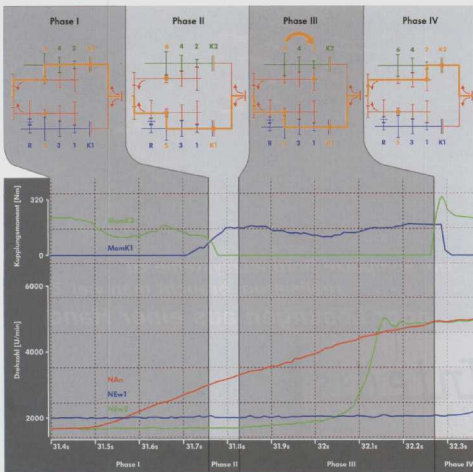


Bild 8: Mehrfachschaltung vom 6. in den 2. Gang in 0,8 s

Figure 8: Multiple shifting from 6th to 2nd gear in 0.8 s

he Komplexität gegeben werden. In **Bild 8** ist die Mehrfachschaltung vom 6. in den 2. Gang dargestellt. Die Gesamtschaltdauer beträgt lediglich 0,8 s.

Der Ablauf kann in vier Phasen unterteilt werden:

- In Phase I – dem Betrieb in Stufe „D“ im 6. Gang über das Teilgetriebe 2 – fordert der Fahrer über das Fahrpedal maximale Motorleistung beziehungsweise maximales Radmoment an. Die Folge: eine Mehrfachrückschaltung in den 2. Gang. Die Fahrpedaländerung und damit die Lastanhebung des Motors bewirkt einen Anstieg der Motordrehzahl – bei Beibehaltung einer Mindestzugkraft am Rad.

- Phase II: Das Teilgetriebe 1 übernimmt nach Erreichung der Synchrondrehzahl des 5. Ganges über eben diesen Gang das Motormoment durch Anlegen und Schließen der K1. Die Kupplung 2 wird zeitgleich geöffnet. Damit steht weiterhin Zugkraft an den Rädern zur Verfügung. Der Verlauf des Motordrehzahlgradienten zeigt während des Kupplungswechsels keinerlei Änderung. Die Schaltung vollzieht sich absolut ruckfrei und für den Fahrer spürbar.

- In Phase III findet ein Gangwechsel im Teilgetriebe 2 statt. Der 6. Gang wird ausgelegt, der 2. Gang synchronisiert und eingelegt. Damit ist das Teilgetriebe 2 für die letzte Schaltaktion vorbereitet.

- In Phase IV wird mit Erreichen der Motorzieldrehzahl die Zugkraft durch schnelles Zufahren der Kupplung 2 wiederum auf das Teilgetriebe 2 geleitet. Die Schaltung ist damit nach insgesamt weniger als 0,8 s abgeschlossen. Dies markiert einen Bestwert im Vergleich zu konventionellen Automatikgetrieben, und zwar bei einem optimalen, weil störungsfreien Momentenverlauf an den Rädern.

## 6 Bedienelemente und Fahrprogramme

Die Bedienelemente des Golf R32 mit DSG sind ebenso wie die Fahrprogramme so-

## 6 Bedienelemente und Fahrprogramme



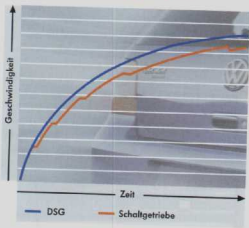
Bild 9: Bedienelemente im Golf R32  
Figure 9: Control elements in the Golf R32

wohl auf Komfort als auch auf sportlichen Fahrspaß und Fahrdynamik ausgelegt. Die bekannten Wählhebelpositionen „D“ und „Tiptronic“ werden durch die Sportstellung „S“ und zwei direkt am Lenkrad angebrachte „Schalt paddel“ ergänzt, **Bild 9**.

In Wählhebelposition „D“ sorgen die im elektronischen Steuergerät abgelegten Schaltkennlinien bei Fahrpedalwerten unterhalb von 50 % für einen Betrieb des Fahrzeugs mit niedrigen Motordrehzahlen, was zu einem sehr komfortablen Dahingleiten auf niedrigem Verbrauchsniveau führt. Gibt der Fahrer mehr Gas, verändert der R32 sich mehr und mehr zu einem sehr sportlichen Fahrzeug, bei dem dann Fahrdynamik und Fahrspaß im Vordergrund stehen.

Fahrspaß pur bekommt der Fahrer in der Wählhebelposition „S“ geboten. Hier spielt das DSG seine Überlegenheit in Bezug auf Spontaneität und Schaltgeschwindigkeit gegenüber anderen Automatikgetrieben

## 7 Fahrleistungen und Verbrauch



	DSG	Handschaltgetriebe
Beschleunigung 0 - 100 km/h	6,4 s	6,6 s
maximale Geschwindigkeit	247 km/h	247 km/h
Verbrauch (MVEG)/100km	10,3 l	11,5 l

Bild 10: Fahrleistungen und Verbrauchswerte R32 im Vergleich DSG zum Handschaltgetriebe  
Figure 10: R32 performance and consumption values, comparison between DSG and manual gearbox

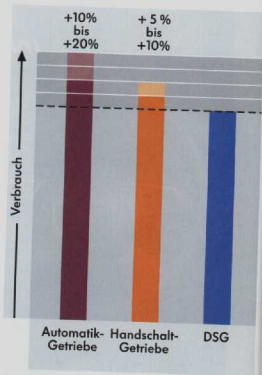


Bild 11: Verbrauchswerte DSG im Vergleich zu Handschalt- beziehungsweise Automatikgetriebe  
Figure 11: DSG consumption values vs. manual gearbox and automatic gearbox

am eindrucksvollsten aus. Beeindruckend sind dabei nicht nur die blitzschnellen Schaltungen und die kurzen Reaktionszeiten, sondern ebenso die aktiven Zwischengas-Rückschaltungen, die den Motor immer im optimalen Drehzahl- und Leistungsbereich halten. Das Schaltprogramm ist dabei so aufgebaut, dass in jedem Fahrgeschwindigkeitsbereich nur zwei Gänge genutzt werden. Für extreme Fahrdynamik eher störende Mehrfachhoch- oder -rückschaltungen werden vermieden. Sowohl kurvenreiche Bergstrecken, schnelle Autobahnfahrten oder sogar echte Rennstrecken werden mit diesem Fahrprogramm zu einem ganz besonderen Erlebnis, wie es andere Automaten heutzutage nicht bieten können.

Möchte der Fahrer darüber hinaus die Gangwahl selbst bestimmen, so kann er das in jeder Wählhebelposition schnell und einfach durch das Betätigen der Schaltpedal tun, ohne die Hände vom Lenkrad zu nehmen. In „D“ und „S“ bleibt das Getriebe dabei so lange im Tip-Modus, bis entweder die Fahrgeschwindigkeit unter 12 km/h sinkt oder der Fahrer das Paddel („off“) länger als eine Sekunde zieht, Bild 9. Damit ist gewährleistet, dass der Fahrer darüber entscheidet, wann er wieder im Automatikmodus fahren möchte. In der Wählhebelposition „Tiptronic“ wird der eingelegte Gang immer gehalten, und das Getriebe verhält sich wie ein Handschalter. Hierbei wird selbst beim Erreichen der Abregeldrehzahl des Motors keine Zwangshochschaltung durchgeführt, sondern lediglich beim Abbremsen durch Rückschaltungen dafür gesorgt, dass der Motor nicht abgewürgt wird.

Für alle im Tip-Modus gefahrenen Schaltungen gelten die höchsten Schaltgeschwindigkeiten und kürzesten Schaltreaktionszeiten. Ein äußerst direktes, dynamisches und dennoch komfortables Fahrgefühl ist die Folge.

Ein besonderes Feature ist die sogenannte „Launch Control“. In Wählhebelstellung „S“ und „Tiptronic“ wird hier bei stehendem Fahrzeug sowie gleichzeitig getretener Bremse und Vollgas eine Motordrehzahl von zirka 3000/min eingestellt. Sobald nun die Bremse gelöst wird, schießt der R32 davon – ein Anfahren, das an die Formel 1 erinnert.

## **7 Fahrleistungen und Verbrauch**

Handschaltgetriebe zeichnen sich aufgrund ihrer Konzeption durch die höchsten Wirkungsgradwerte aller Getriebetypen aus. Demzufolge ist mit dem Einsatz eines Radsatzkonzepts vergleichbar einem Handschaltgetriebe, der Minimalzahl von zwei

Kupplungen, um zugkraftunterbrechungs-freies Schalten zu realisieren, sowie durch Optimierung von Ölpumpe, elektrohydraulischer Steuerung und aller anderen Verbraucher die Basis für ein wirkungsgradoptimiertes Automatikgetriebe gelegt.

In Kombination mit der hohen Gangzahl sowie einer großen Spreizung sind Bestwerte im Kraftstoffverbrauch eines Fahrzeugs vorprogrammiert. Mit dem Einsatz dieses Getriebes ist es gelungen, dem Kunden ein Konzept anzubieten, das Kraft-

**8 Zusammenfassung und Ausblick**

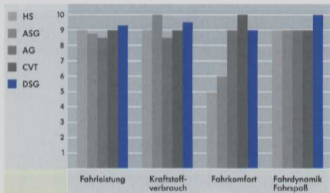


Bild 12: Bewertungsdiagramm  
Figure 12: Evaluation diagram

stoffverbrauchswerte unter denen vergleichbarer Handschaltgetriebe liefert. In **Bild 10** sind die Werte des Golf R32 in Kom-

bination mit DSG und im Vergleich dazu mit einem Sechsgang-Handschaltgetriebe dargestellt.

Die schon sehr guten Beschleunigungswerte des Handschaltgetriebes werden nochmals um 0,2 s unterboten. Der Grund dafür ist in den zugkraftunterbrechungsfreien Schaltungen „1 nach 2“ und „2 nach 3“ via DSG zu finden, Bild 10.

Die maximale Fahrgeschwindigkeit des Handschaltgetriebes wird in Kombination mit DSG ebenfalls erreicht. Gerade in Bezug auf dieses Kriterium zeigt sich der sehr gute Gesamtwirkungsgrad des DSG auch unter Vollast. Insbesondere aber der im MVEG-Zyklus mit dem DSG gemessene Verbrauchswert von nur 10,3 l/100km zu 11,5 l/100km mit dem Handschaltgetriebe wird aktuell von keinem konventionellen Automaten erreicht.

In **Bild 11** sind die Verbrauchswerte nochmals gegenübergestellt. Volkswagen ist davon überzeugt, dass mit der DSG-Technologie die Verbrauchswerte von Fahrzeugen gegenüber denen mit Handschaltgetrieben um 5 bis 10 % gesenkt werden können. Im Vergleich zu konventionellen Automatikgetrieben ist von einer Verbrauchsminderung von 10 bis 20 % auszugehen.

Mit dem DSG bietet Volkswagen ein Automatikgetriebe an, das erstmals auch in Kombination mit der TDI-Technologie die geringen Verbrauchswerte von Fahrzeugen mit Handschaltgetriebe erreicht. Diese niedrigen Verbrauchswerte werden nur dank des guten Getriebewirkungsgrads möglich, den die bisher am Markt befindlichen Automatikgetriebe zum Teil deutlich verfehlen.

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem DSG von Volkswagen bekommen alle derzeit am Markt befindlichen Getriebekonzepte nicht nur einen ernst zu nehmenden Wettbewerber, sondern – wie der Vergleich der für den Kunden wesentlichen Eigenschaften zeigt, **Bild 12** – ein in Summe seiner Eigenschaften überlegenes Vorbild.

In den Fahrleistungen, bei denen Höchstgeschwindigkeit und Beschleunigung von 0 auf 100 km/h bewertet wurden, setzt sich das DSG aufgrund des sehr guten Wirkungsgrads und der Schaltungen ohne Zugkraftunterbrechung sogar gegen den bisherigen Spitzenreiter – das Handschaltgetriebe – durch.

Im Kraftstoffverbrauch wird es nur noch vom automatisierten Handschaltgetriebe (ASG) übertroffen, das keine permanente mitlaufende Ölpumpe besitzt und deshalb über einen noch besseren Gesamtwirkungsgrad verfügt. Alle anderen Konzepte sind dem DSG im Kraftstoffverbrauch unterlegen.

Das ASG hat jedoch aufgrund der prinzipbedingten, zugkraftunterbrechenden Schaltungen große Schwächen im Fahrkomfort.

Das CVT stellt in den Augen einiger Kunden aufgrund seiner kontinuierlichen Übersetzungsverstellung das Maß der Dinge beim Fahrkomfort dar. Das DSG fällt jedoch auch hier nicht entscheidend ab, sondern liegt vielmehr auf dem Niveau guter, konventioneller Wandlerautomaten (AG).

In Bezug auf Fahrdynamik und Fahrspaß stellt das DSG jedoch alle anderen Konzepte in den Schatten. Das Gefühl des Fahrers, über das Gaspedal direkt mit dem Fahrzeug verbunden zu sein, ist einzigartig und vermittelt Fahrspaß pur. Volkswagen ist davon überzeugt, dass diese Eigenschaftskombination des DSG die Getriebewelt nachhaltig verändern wird. Vor allem in Europa, wo Handschaltgetriebe das untere und mittlere Fahrzeugsegment dominieren, hat das DSG eine große Zukunft. In Kombination mit den immer populärer werdenden Dieselmotoren oder den neuen FSI-Motoren lassen sich mit dem DSG bisher schlecht vereinbarende Eigenschaften wie Verbrauch und Fahrdynamik oder

Fahrspaß und Fahrkomfort in nahezu idealer Weise kombinieren und sowohl im Hinblick auf den Markt als auch den Kunden optimieren.

Ob – wie im Falle des DSG von Volkswagen – mit nassen Kupplungen oder in Zukunft bei anderen Doppelkupplungsgetrieben auch mit trockenen Kupplungen: Dieser neue Getriebetyp wird sich durchsetzen.

## Literaturhinweise

- [1] Förster, H. J.: Das kraftschlüssige Schalten von Übersetzungsstufen in Fahrzeuggetrieben. In: VDI-Zeitung 99 (1957) Nr. 27, S. 1319-1331
- [2] Schröder, F.: Schalten ohne zu kuppeln – Neue Porsche-Halbautomatik. In: Auto Zeitung 7/86
- [3] Flegl, H.; Wüst, R.; Steiter, N.; Szodfridt, I.: Das Porsche-Doppelkupplungs-(PDK-)Getriebe. In: ATZ 89 (1987) Nr. 9, S. 439-452
- [4] Franke, R.: Doppelkupplungsgetriebe für Nutzfahrzeuge. In: ATZ 91 (1989) Nr. 3, S. 159-162
- [5] Franke, R.: Kraftschlüssiges Zahnradstufenschaltgetriebe mit Vorwählung. DBP Nr. 923402 ab 1940
- [6] Köpf, P.: Systeme Automatischer Getriebe im Vergleich. In: Antriebstechnik April 1990, S. 36-44
- [7] Wagner, G.: Doppelschaltungen bei Doppelkupplungsgetrieben. In: VDI-Berichte Nr. 1170, 1994