

Neuartiges 7-Gang-Sportgetriebe für das PKW-Hochleistungssegment

Dr. Ralf Wörner, Dipl.-Ing. **Gerd Korherr**, **Dr. Christoph Dörr**, **Dr. Anton Rink**.
Daimler AG, Stuttgart

Friedrich Eichler, **Dr. Martin Hart**, **Thomas Stephan**, **Martin Glose**, **Rolf Schaich**,
Armin Stähle, **Marcus Weber**, **Klaus Koester**.
Mercedes-AMG GmbH, Affalterbach

Kurzfassung

Mit dem neuen MCT (Multi Clutch Technology) 7-Gang-Sportgetriebe hat Mercedes-Benz in Kooperation mit der Mercedes-AMG GmbH ein innovatives Getriebekonzept für die Anwendung im PKW-Hochleistungssegment entwickelt.

Das vorliegende Getriebe vereint die Vorteile von Handschalt- und Automatgetrieben. Hierbei wird ein Planetenautomatikgetriebe in Kombination mit einer speziell entwickelten Anfahrkupplung anstelle des Drehmomentwandlers und einer optimierten Steuerung eingesetzt. Dies ermöglicht dem Fahrer den maximalen Freiheitsgrad und die Wahlmöglichkeit bei der Fahrcharakteristik zwischen konsequent sportlich und gewohnt komfortabel.

Die Entwicklungsschwerpunkte des MCT-Sportgetriebes sind:

- Steigerung der Drehmomentkapazität
- Verbesserung der Schalt- u. Fahrdynamik
- Hohe Robustheit über Lebensdauer
- Deutliche Differenzierung zwischen Komfort und Sport

Auf Basis des 2003 in Serie eingeführten 7G-Tronic-Getriebes und der breiten Erfahrung des 5-Gang-Planetenautomatikgetriebes, welches bei Mercedes-Benz bereits heute über eine Drehmomentkapazität von bis zu 1000Nm verfügt, wurden gezielte Verstärkungsmassnahmen umgesetzt, um auch in Kombination mit dem aktuellen 7-Gang-Getriebe dieses hohe Drehmoment übertragen zu können.

Die Entwicklung der Anfahrkupplung bildet die Grundlage zur Verbesserung der Schalt- und Fahrdynamik. Mit einer gegenüber Wandlern mit vergleichbarer Übertragungsfähigkeit um bis zu 50% reduzierten Massenträgheit werden schnelle Schaltzeiten bei geringen Schaltelementebelastungen möglich. Im Grenzfall kann der Motor komplett entkoppelt und die Schaltung mit Zwischengas in kürzester Zeit ausgeführt werden. Abgesichert wird die hierfür notwendige positive Momentenanforderung durch eine neu entwickelte Getriebesteuerung mit Sicherheitsprozessor.

Zur Optimierung der Fahrzeuganbindung während des Anfahrens wird die Kupplung mit geringem Schlupf geregelt und kann im Fahrbetrieb vollständig geschlossen werden. Dies ergibt eine sehr spontane Momentenreaktion auf den Fahrerwunsch und bildet die Basis für geringe Verbrauchswerte.

Neben den gezielten Massnahmen hinsichtlich Schaltdynamik und Robustheit wird durch ein erweitertes Bedienkonzept dem Fahrer mehr Wahlmöglichkeit eingeräumt um Fahrdynamikfunktionen zu beeinflussen. Die funktionell neu gestaltete Bedieneinheit erlaubt nun in Abhängigkeit des gewählten Fahrprogramms auch Schaltgeschwindigkeit und Motordynamik mit zu beeinflussen.

Zum Einsatz kommt das mit „AMG Speedshift MCT“ bezeichnete 7-Gang-Sportgetriebe erstmalig exklusiv im Mercedes-Benz SL63 AMG.

1. Einleitung

Moderne Sportfahrzeuge nähern sich mehr und mehr den physikalischen Grenzen bezüglich Fahrdynamik-, Wirkungsgrad- und Schaltzeitverhalten an. Innerhalb der Übertragungskette des Powertrains nimmt hierbei das Getriebe eine Schlüsselfunktion ein. Bisherige Ausführungen führender Sportwagenhersteller weisen in diesen Kriterien Einschränkungen auf, und erzwingen förmlich die Entwicklung innovativer Lösungsansätze.

Eine Performancesteigerung gelingt darüber hinaus nur im Zusammenspiel von optimierten Systemkomponenten im gesamten Triebstrang incl. Getriebe. In diesem Zusammenhang ist auf eine angepasste Schnittstelle zwischen Fahrer und Powertrain zu achten, die unter Berücksichtigung innovativer Bedien- und Anzeigeelemente neue Freiheitsgrade zur Darstellung einer sportlichen Ausprägung des Gesamtkonzeptes schaffen kann. Der folgende Beitrag schildert die Lösungsansätze des Mercedes-Benz SL63 AMG, die in einer Gemeinschaftsentwicklung zwischen der Mercedes-AMG GmbH und der Daimler AG entstanden sind.

2. Konzeptbeschreibung im Wettbewerbsvergleich

Der SL63 AMG ist im Segment der so genannten Roadster platziert. Ausgeführt als Zweisitzer mit einem V8-Motoraggregat verfügt der SL63 AMG zusätzlich über ein neu entwickeltes Triebstrangkonzept, ausgerichtet auf den Einsatz im Sportwagensegment.

Die Hauptattribute des Mercedes-AMG Roadster SL63 sind in den Kategorien Fahrdynamik und Fahrkomfort wiederzufinden. Wesentliche Beiträge zur Komfortoptimierung resultieren dabei aus der konzeptionellen Ausführung folgender Hauptbaugruppen:

- Fahrwerk - ein elektrohydraulisches Dämpferkonzept (Active Body Control)
- Antrieb – Motoranordnung in Front/Längs-Position mit Heckantrieb
- Getriebe – Radsatzarchitektur hoher Spreizung/Gangzahl, sowie Torsionsdämpfer

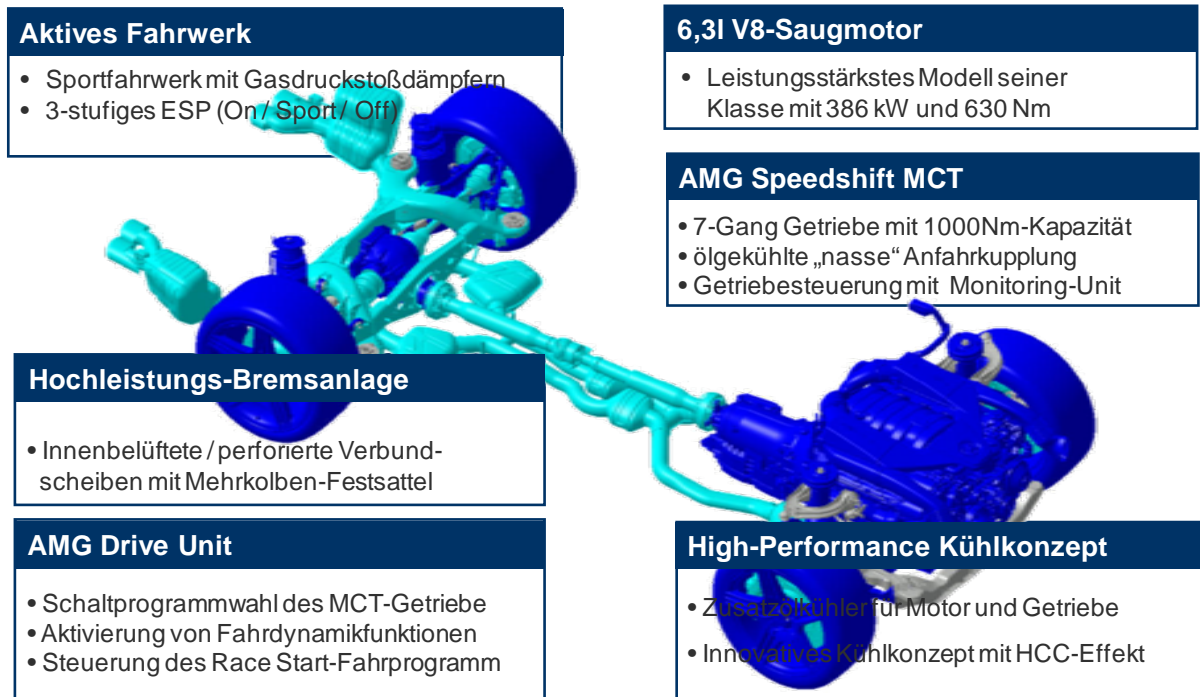


Bild 1: „Highlights des SL 63 AMG“

Ein Beitrag zur Verwirklichung dieser Benchmark-Werte erreicht der SL63 durch den Einsatz von neu- bzw. weiterentwickelten Komponenten innerhalb des Powertrains:

- Motor – V8-Ottomotor mit maximalem Drehmoment und hoher Spitzendrehzahl
- Triebstrang – reduziertes Eigengewicht und Massenträgheit der Hauptkomponenten
- Traktionskontrolle – mehrstufiges ESP incl. strategiefähiger Anfahrregelung
- Bremsen – innenbelüftete / perforierte Verbundscheiben mit Mehrkolben-Festsattel

Hauptwettbewerber des SL63 umfassen den BMW M6, Porsche 911 Turbo, Audi R8 sowie Aston Martin Vantage. Ein Wettbewerbsvergleich im Segment dieser sportiven Roadster zeigt dabei die notwendigen Eckwerte auf, die darüberhinaus zur Erreichung von „best-of-class“ Fahreigenschaften erforderlich sind.

- Beschleunigungswerte (0...100km/h) deutlich unterhalb der „5sec“-Marke
- Erreichbare Höchstgeschwindigkeiten von bis zu 300km/h
- Gangwechselzeiten unterhalb von 150ms ohne Zugkraftunterbrechung

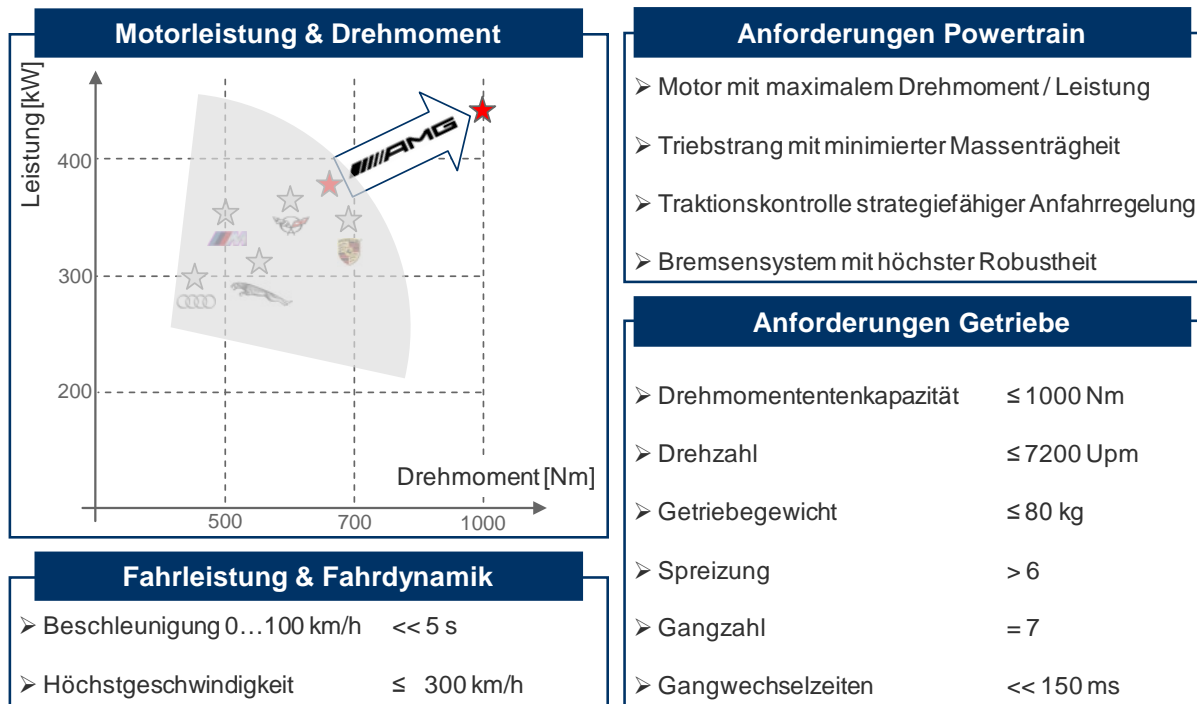


Bild 2: „Der Mercedes-AMG Roadster SL63 im Wettbewerbsvergleich“

Für das auszuwählende Getriebekonzept resultieren daraus maximale Anforderungen mit zum Teil konkurrierenden Zielsetzungen, die sich wie folgt zusammenfassen lassen:

- Drehmomentenkapazität von 700Nm 1000Nm
- Spitzendrehzahl von mehr als 7000 Upm
- Minimiertes Eigengewicht des Getriebe auf ca. 80 kg
- Reduktion der rotatorischen Massenträgheit (Anfahrelement) um -50%

Der nachfolgende Beitrag leitet aus diesen Anforderungen eine neuartige Konzeptlösung für den Powertrain ab, die im SL63 von Mercedes-AMG erstmalig seinen Serieneinsatz findet.

2.1 Die Anforderungen des Sportgetriebe abgeleitet aus Wettbewerbskonzepten

Die Beschreibung des Zieltriebkonzeptes gelingt erst anhand eines modularen Vergleiches mit bestehenden Konzepten im Wettbewerbsvergleich.

Etablierte Getriebe-Bauformen im Sportwagensegment lassen sich dabei wie folgt gliedern:

- Handschaltgetriebe (MT), ausgeführt als Zweiwellen-Stirnradgetriebe mit „trockener“ Anfahrkupplung
- Automatisierte Schaltgetriebe (ASG), abgeleitet aus einem Handschaltgetriebe unter Berücksichtigung einer Betätigungsaktuatorik für die Kupplung sowie den Gangstellern.
- Doppelkupplungsgetriebe (DCT), ausgeführt als Stirnradgetriebe in Mehrwellen-Bauform mit zwei (in offener Bauweise) nasslaufenden Kupplungen und elektrohydraulischer Gangsteller-Steuerung.

Diese Getriebebauformen erfordern infolge ihrer direkten Anbindung von Motor und Triebstrang ein zusätzliches Dämpferelement, welches i.d.R. als Zweimassenschwungrad ausgeführt ist. Demgegenüber erfordert ein hydraulischer Wandler kein weiteres Dämpferelement, sofern das hydraulische Wandlerelement bei vorgegebener „Schlupfdrehzahl“ ausreichende Dämpfungseigenschaften mitführt.

Auch die konstruktive Berücksichtigung hoher Drehmomentanforderungen (bis zu 1000Nm) in Kombination mit einer hohen thermischen Robustheit des Anfahrteles (infolge der variablen Anfahrstrategie) gelingt mit einem Einfach- oder Doppelkupplungskonzept nur eingeschränkt.

Als Lösungsansatz für das MCT-Sportgetriebe wurde daher ein Anfahrteles auf Basis einer einfachen (Mehrlamellen-)Kupplung mit geschlossenem Kühlölkreislauf (HCC-Prinzip) sowie integriertem Torsionsdämpfer gewählt. Dadurch gelingt die Optimierung hinsichtlich Bauraum- und Gewichtsanforderungen zwischen beiden „Systemwelten“.

Analysiert man die Radsatzarchitektur und Schaltaktuatorik insbesondere der konkurrierenden MT- und ASG-Konzepte, erkennt man ferner die systembedingten Nachteile in puncto Schaltzeitverhalten bzw. Zugkraftunterbrechung. Ursache bilden die sequentielle Abfolge von Drehmomentübertragung (Ein-/Auskupplung) mit anschließender Gangwahl (Schalten → Wählen → Schalten). Die Entkopplung durch Zerlegung des Radsatzes in eine Mehrwellen-Bauform mit geraden bzw. ungeraden Gängen (DCT) ermöglicht demgegenüber eine (Schaltzeit-)Verkürzung für Einfeldschaltungen bei Erhalt des Kraftschlusses im Schaltvorgang durch Überschneidung der zu- bzw. abschaltenden Welle.

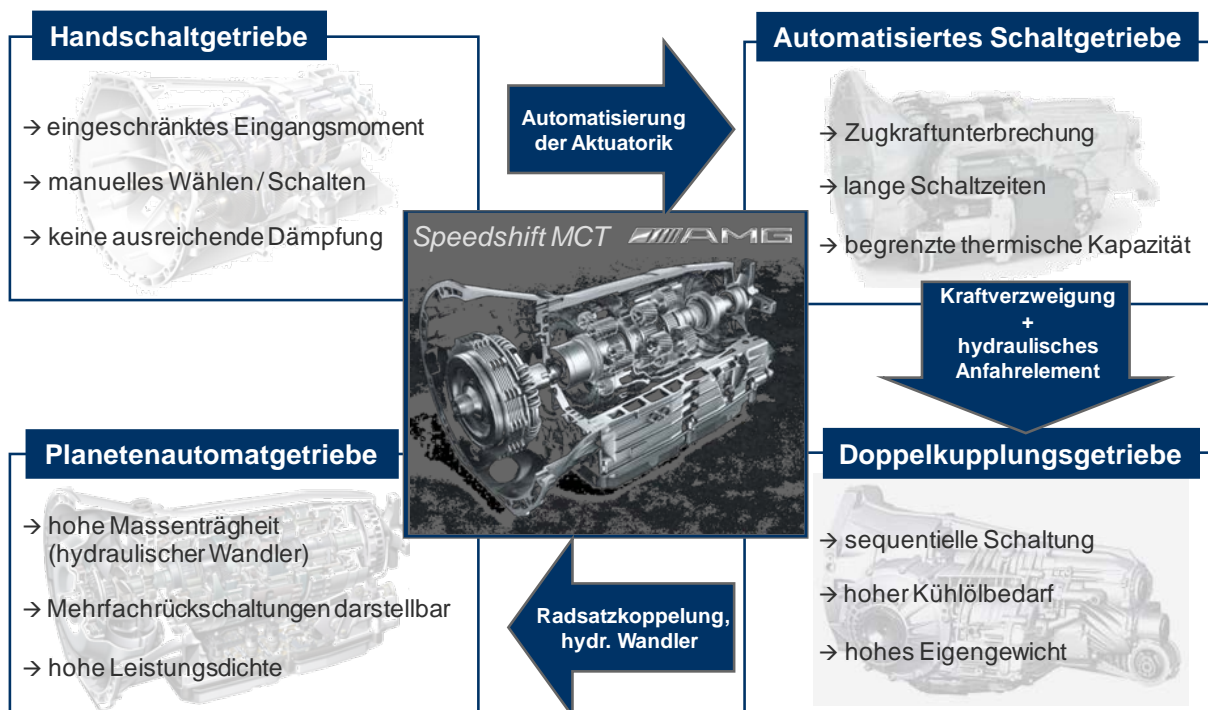


Bild 3: „Die Anforderungen des Sportgetriebe abgeleitet aus den Wettbewerbskonzepten“

Die idealisierte Bauform stellt jedoch ein Planetenradsatz mit entsprechenden Koppelbedingungen dar, nachdem hier auch bei Mehrfachschaltungen jeweils nur ein zu- und abschaltendes Element erforderlich ist. Dies ist insbesondere bei Getrieben mit hoher Gangzahl und Spreizung zwingend erforderlich, um den jeweils idealen Gang in kürzester Zeit zu erreichen. Daher wurde für das MCT ein Planetenradsatzarchitektur zugrunde gelegt - diese basiert auf dem Grundkonzept der 7G-Tronic der Daimler AG.

Unter Nutzung dieser Radsatzarchitektur gelingt darüber hinaus ein extrem günstiges Leistungsgewicht, ausgerichtet auf die Drehmomentanforderung des Fahrzeuges von bis zu 1000Nm. Die ansonsten erforderlichen Wellenabstände oder Zahnradbreiten bei Nutzung eines Getriebekonzeptes auf Basis einer MT- oder DCT-Getriebevariante führen ohnehin zu Kollisionen mit crashrelevanten Baugruppen des Fahrzeuges, und scheiden daher aus.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass unter Nutzung eines innovativen Nasskupplungselementes in Kombination mit einer Planetenradsatzarchitektur die Realisierung eines kompromisslosen Sportgetriebekonzeptes gelingt, welches den Anforderungen an ein Sportfahrzeug mit höchsten Drehmomentanforderungen gerecht wird.

2.2 Baukastenprinzip innerhalb der MBC-Getriebeausführungen

Das Speedshift MCT leitet sich konstruktiv aus den Erfahrungswerten und Gestaltungsmerkmalen der bekannten Automatikgetriebe der Mercedes-Benz Cars ab.

Diese bestehende Produktfamilie basiert auf dem aktuellen Planetenautomatgetriebe 7G-Tronic, deren innovative Konzeptmerkmale sich wie folgt charakterisieren lassen:

- Verschaltung eines Ravigneaux- und zwei Planetenradsätzen zur Realisierung von 7 Vorwärts- und 2 Rückwärtsgängen
- Vollintegrierte elektrohydraulische Steuerung mit direkt steuernden Ventilen
- 3-Kanal-Wandler zur separaten Speisung des Kühlöl- und Kupplungsüberbrückungs-Steuerölkreislaufes

Abgeleitet aus diesem Konzept wurde unter Berücksichtigung fertigungstechnischer Anforderungen zunächst ein Allrad-Derivat (4MATIC) entwickelt, welches folgende Add-On's umfasst:

- Verteilergetriebe mit einstufigem Planetenradsatz und integriertem Kardangelenk
- Zusätzliche Kupplung als Lastschlagelement
- Kombiniertes Ölkreislauf von Grund- und Verteilergetriebe

Mit dem Speedshift MCT wurde nunmehr eine weitere Variante geschaffen, die eine Evolution unterschiedlicher Baugruppen beinhaltet, um die Lastenheftanforderungen zu erfüllen.

- Nasslaufende Anfahrkupplung
- Eigensichere elektrische Steuerung
- Verstärkter Radsatz zur Erhöhung der Drehmomentkapazität

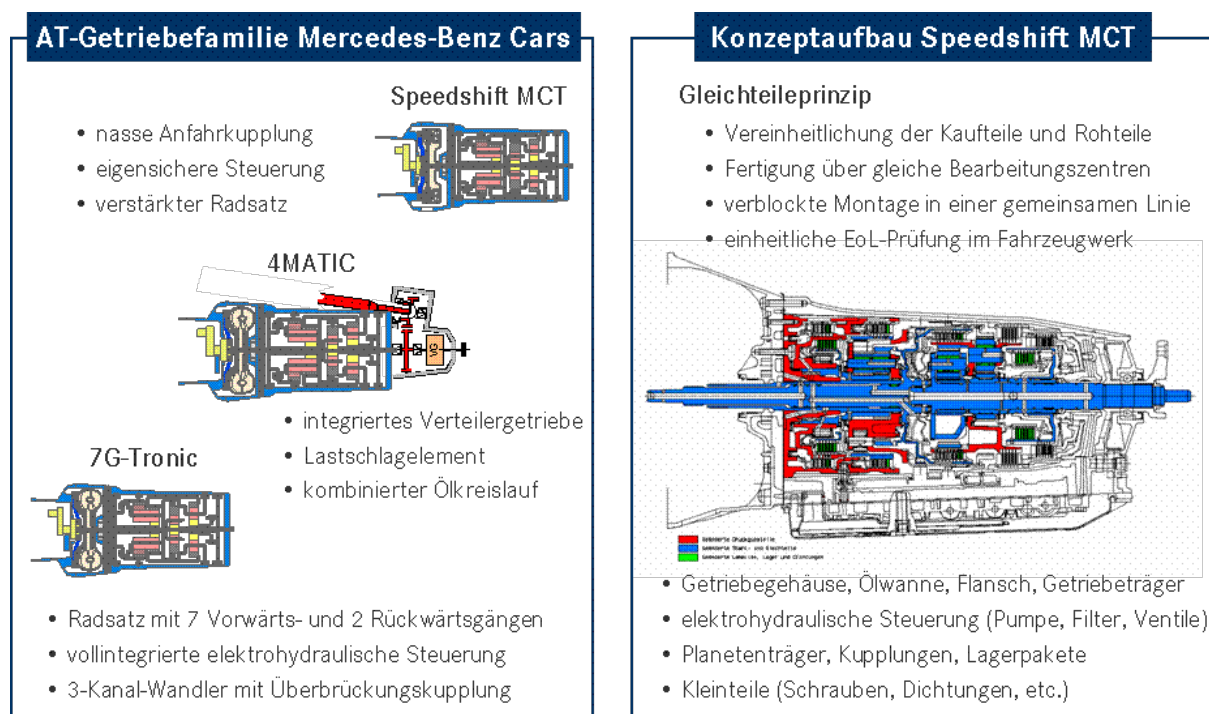


Bild 4: „Baukastenprinzip innerhalb der MBC-Getriebeausführungen“

Die Entscheidung für dieses neuartige Sportgetriebe innerhalb der Mercedes-Benz Cars erfolgte unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte. Im Rahmen der konstruktiven Auslegung wurden daher die wesentlichen Gestaltungsmerkmale an die Produktionseinrichtungen der bestehenden AT-Produktfamilie der Mercedes-Benz Cars ausgerichtet.

Daraus resultiert ein Gleichteileprinzip, bei dem wesentliche Kauf- und Rohteile zwischen den Getriebevarianten vereinheitlicht wurden. Die Bearbeitungsvorgaben der Ähnlichkeitsteile wurden so gestaltet, dass eine Fertigung auf gleichen Bearbeitungszentren gelingen konnte. Durch Vereinheitlichung der Hauptgeometrien konnte darüber hinaus eine Montage des MCT auf der bestehenden Hauptlinie der 7G-Tronic realisiert werden.

Schließlich wurde im Fahrzeugwerk darauf geachtet, möglichst identische End-of-Line-Prüfprogramme innerhalb der Montagelinie zu definieren.

Durch Berücksichtigung dieser konstruktiven Randbedingungen der bestehenden AT-Produktfamilie konnte ein erhöhter Nutzwert durch plattformübergreifende Verwendung von Innovationsbaugruppen realisiert werden, sowie eine Verbesserung der Gesamtwirtschaftlichkeit durch Begrenzung der Investitionen mittels eines durchgängigen Gleichteileprinzips zwischen den MBC-Getriebevarianten aus der AT-Getriebefamilie.

2.3 Der MBC-Entwicklungsprozess mit Systempartnern

Infolge einer ständigen Verkürzung der Produktinnovationszyklen sind die PKW-Hersteller auch auf eine Optimierung ihrer Entwicklungsprozesse angewiesen, um den zum Teil widersprüchlichen Zielsetzungen an Qualität, Wirtschaftlichkeit und Zielterminen gleichermaßen gerecht zu werden.

Wesentliche Randbedingung im spezifischen Fall der Neuentwicklung des Speedshift MCT bildete eine trilaterale Zusammenarbeit zwischen der Mercedes-AMG, der Mercedes-Benz Cars sowie hinsichtlich des Anfahr-elementes mit der ZF-Sachs AG. Derartige Produktentstehungsprozesse lassen sich nur durch Definition klarer Systemverantwortungen realisieren, gepaart mit eindeutigen Prozessabläufen im Rahmen der Entwicklungsphase.

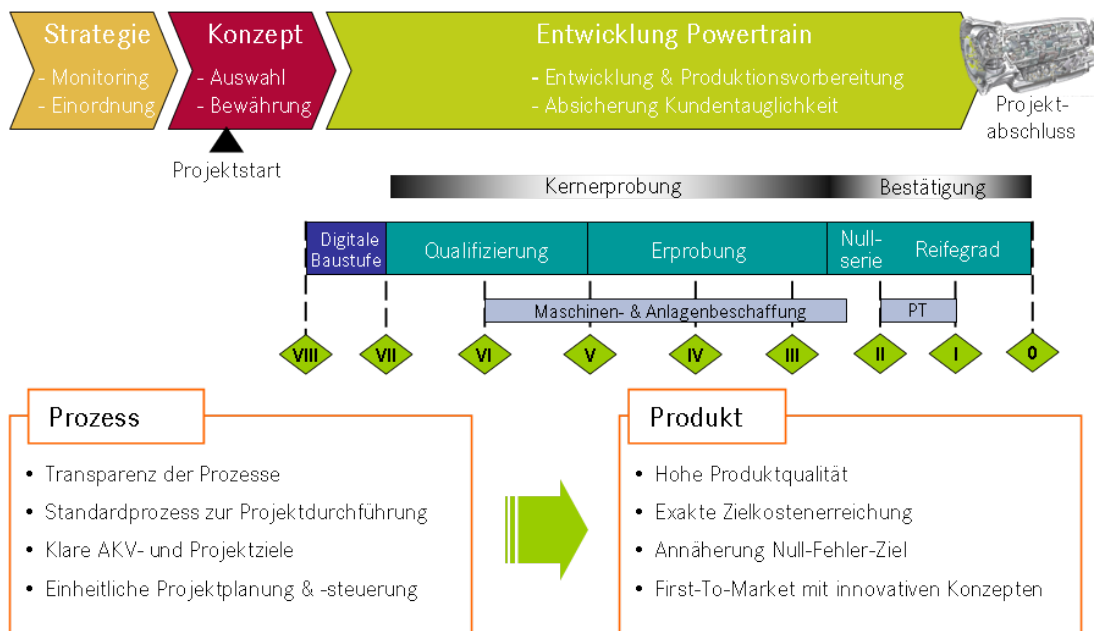


Bild 5: „Produktentstehungsprozess innovativer Getriebe“

Innerhalb der Mercedes-Benz Cars konnte dabei auf Erfahrungen bisheriger Qualitätsprozesse erfolgreich zurückgegriffen werden. Kernbestandteil dieser Prozessmodelle ist die Untergliederung der Entwicklungsphasen in einzelne Meilensteine mit klar definierten Zielsetzungen für alle Einzelgewerke. Damit gelingt eine transparente Aufgabenverteilung und Aufgabenkontrolle, die es jedem der beteiligten Parteien ermöglicht, auch in parallelisierten Abläufen die geforderten Entwicklungsziele zu erreichen.

3. Innovative Gestaltungsmerkmale des Speedshift MCT

Kernelement der Produktinnovationen des SL63 bildet das Speedshift MCT. Wie zuvor beschrieben, leitet sich dieses Konzept gleichermaßen aus den Lastenheft-Anforderungen der Baureihe Mercedes-AMG sowie den fertigungstechnischen Randbedingungen der Mercedes-Benz Cars ab.

Im Folgenden wird auf die wesentlichen Änderungsmerkmale des Sportgetriebe näher eingegangen werden.

3.1 Das Speedshift-MCT im Überblick

Das Speedshift MCT zeichnet sich in Gegenüberstellung zu den zuvor zitierten Getriebeformen der MBC (7-GTronic, 4MATIC) im Kern durch Modifikationen in den drei Hauptbaugruppen Radsatz, Anfahrlement sowie Steuereinheit aus.

Die Erhöhung der Drehmomenttragfähigkeit auf bis zu 1000Nm gelingt dabei durch eine Korrektur der Anzahl an Reiblamellen, sowie Verbreiterung der betroffenen Radsätze. Eine weitere Steigerung der Langlebigkeit wurde durch Optimierung des Getriebeöles (sog. Long-Life ATF) erzielt, bei der durch Einsatz modifizierter Additive die thermische Beständigkeit und Reibeigenschaften positiv beeinflusst werden konnten.

Zur Realisierung einer variablen Anfahrstrategie bei geringstem Massenträgheitsmoment wurde ein nasses Anfahrlement verankert. In Konsequenz erfolgte eine Adaption der geometrischen und hydraulischen Schnittstellen durch Anpassung der Antriebswelle sowie der hydraulischen Kreisläufe für Druckansteuerung und Schmierung des Anfahrlementes.

Die Ansteuerung dieses innovativen Anfahrteles erfolgt über eine neuartige elektronische Steuerung, bei der durch Berücksichtigung zusätzlicher Signale (Ansteuerdruck,..) eine optimal dosierte Regelung der Lamellen gelingen konnte. Darüber hinaus wurde ein Überwachungsprozessor verankert, die durch Überwachung von positiven Momenteneingriffen eine Steigerung der Schaltdynamik ermöglicht.

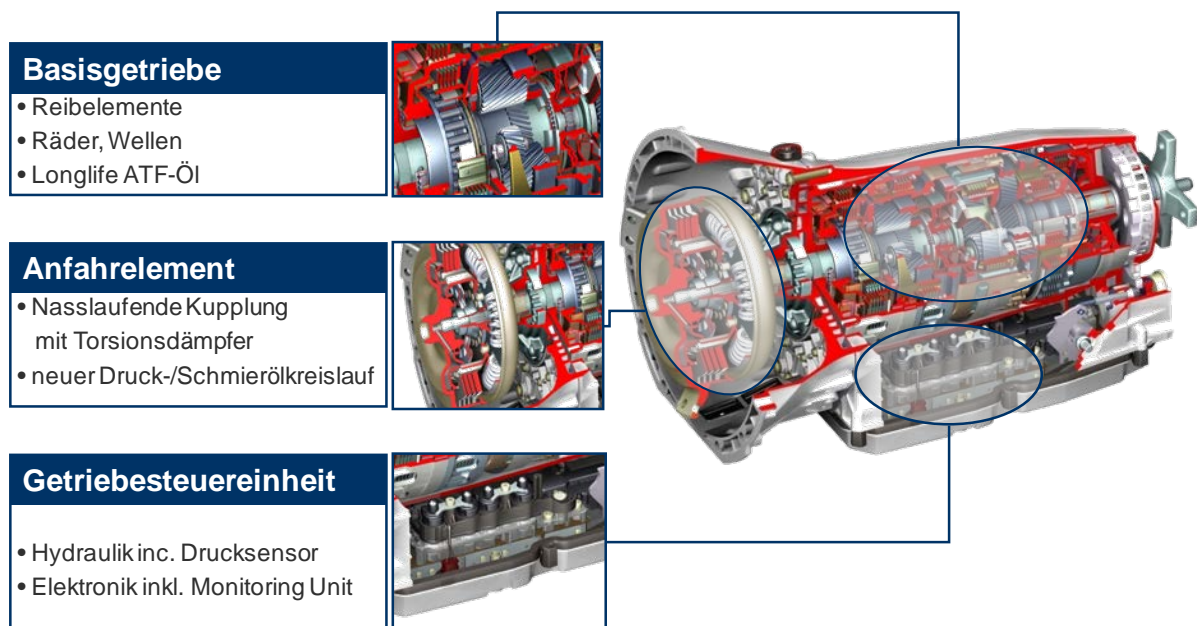


Bild 6: „Änderungsteile des MCT-Sportgetriebes im Überblick“

3.2 Konzeptausführung des Anfahrteles

Herzstück des Speedshift MCT bildet die nasse Anfahrkupplung. Diese ist prinzipiell wie eine konventionelle Kupplung aufgebaut, und (analog bestehender Wandlerausführungen) in dreikanaliger Ölführung unter Trennung des Drucköl- und Schmier-/Kühlölstromes ausgeführt. Das Bauteil kann einfach aufgesteckt werden, wobei die geänderten Anschlussgeometrien nur minimal von der 7G-Tronic abweichen.

Infolge dieses modularen Konzeptansatzes mit klar definierten Schnittstellen zwischen Anfahrteles und Grundgetriebe konnte der Entwicklungsprozess mit einem definierten Systempartner (ZF Sachs AG) erfolgreich angewandt werden.

Der Aufbau der geschlossenen, ölfüllten Anfahrkupplung im MCT-Sportgetriebe ist vergleichbar mit dem einer konventionellen, nassen Kupplung. Sie unterscheidet sich von anderen offenen Nass-Kupplungen, wie sie insbesondere in Doppelkupplungsgetrieben zum Einsatz kommen, durch das geschlossene System mit integriertem Kühlkonzept. Dadurch ist die Leistungsdichte gegenüber offenen Systemen deutlich erhöht.

Technische Beschreibung

• Max. Leistungseintrag beim Anfahren	161 - 175 kW (6/8-Lamellen)
• Max. Motormoment	1000 Nm
• Max. Motordrehzahl	7500 U/min
• Gewicht	13,5 kg
• Torsionsdämpfer	2-stufig (17,3 Nm/° + 94,7Nm/°)
• Massenträgheit	0,084 kgm ² inkl. Öl
• Steuerung	Anfahr- u. Schlupfregelbetrieb

Vorteile Geometrie

• Reduzierte Massenträgheit	-50%
• Verringerte Gesamtmasse	-25%

Entwicklungspartner

AMG

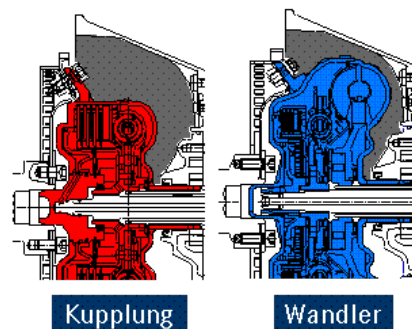
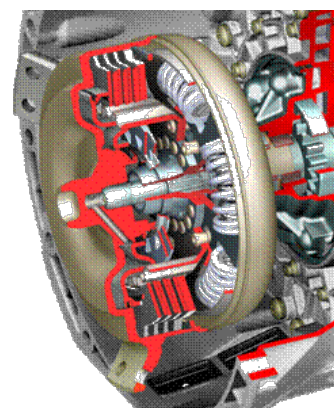


Bild 7: „Konzeptausführung des Anfarelementes“

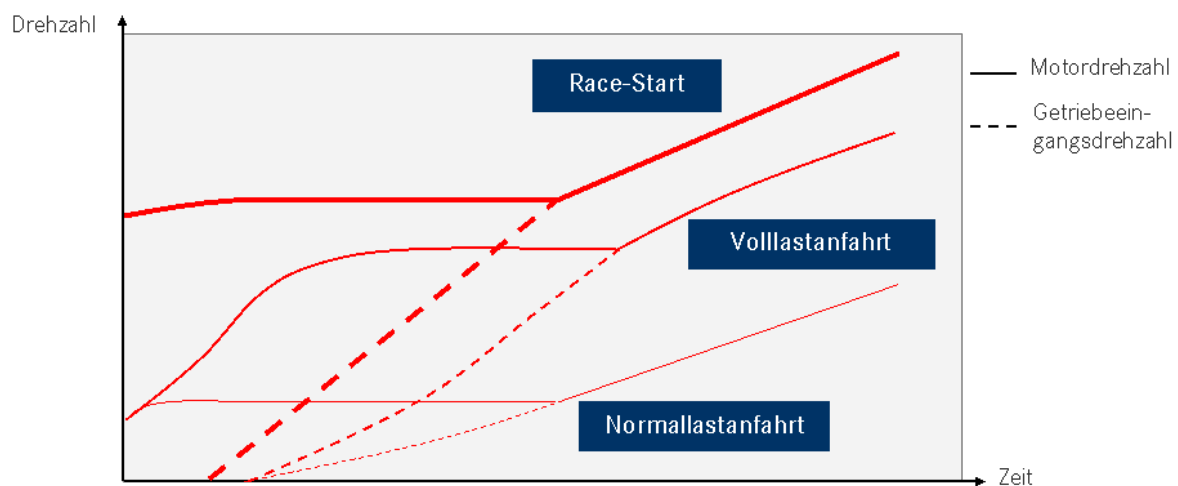
Durch die sowohl radiale als auch axial geringe Abmessung der Kupplung ergeben sich im Vergleich zum Wandler sehr geringe Massen und Massenträgheitsmomente bei gleichzeitig höherer Drehmomentkapazität. Das geringe Massenträgheitsmoment ermöglicht einen sehr dynamischen Motorhochlauf mit kurzen Schaltzeiten. Der mit den geringen Massen und dem reduzierten Ölvolumen verbundene Nachteil der geringen Wärmekapazität wird durch ein in die Kupplung integriertes Kühlkonzept ausgeglichen.

3.3 Strategiefähiges Anfahrprogramm des Speedshift MCT

Der Einsatz einer elektronisch geregelten Kupplung als Anfahrerelement ermöglicht erstmalig die Realisierung unterschiedlicher Anfahrstrategien. Je nach Fahrerwunsch ist dabei ein komfortables oder fahrleistungsorientiertes Anfahren möglich.

Mittels Kriechfunktion wird das Anfahrverhalten eines Wandlers nachgebildet. Geht der Fahrer von der Bremse, setzt sich das Fahrzeug selbstständig in Bewegung.

Anfahrten mit geringer Leistungsanforderung werden mit minimalem Schlupf an der Anfahrkupplung verbrauchs- und komfortoptimal geregelt. Mit zunehmender Leistungsanforderung durch den Fahrer wird die Anfahrtdrehzahl erhöht, so dass der Motor in einem Betriebspunkt mit hohem Leistungsvermögen gehalten wird.



Strategiefähiges Anfahren

- Komfortables / fahrleistungsorientiertes Anfahren möglich
- Kriechfunktion bildet Wandler-Anfahrverhalten nach
- Erhöhung der Anfahrtdrehzahl mit zunehmender Leistungsanforderung
- Anfahren auf der Rennstrecke mit Hilfe Race-Start-Funktion Anfahr- und Schlupfregelbetrieb

Bild 7: „Strategiefähiges Anfahrprogramm des Speedshift MCT“

Speziell für das Anfahren auf der Rennstrecke wurde die Race-Start-Funktion entwickelt, die ein Anfahren mit maximaler Beschleunigung ermöglicht. Der Motor wird bei geöffneter Kupplung im Stillstand bereits auf eine geeignete, hohe Motordrehzahl gebracht und befindet sich somit beim Lösen der Bremse bereits in einem fahrleistungsoptimalen Betriebspunkt. Radschlupf und Motordrehzahl werden bei diesem Fahrmanöver durch die Getriebesteuerung geregelt.

Unter Berücksichtigung dieser Einzelmaßnahmen unterstreicht damit das Getriebe seinen Beitrag zur Realisierung eines Konzeptes mit sportlicher Ausprägung in vollem Umfang.

4. Innovative Gestaltungsmerkmale des Powertrain

Das geforderte Höchstmaß an Agilität und Leistungsentfaltung konnte erst durch Verknüpfung unterschiedlicher Einzelmaßnahmen am Powertrain des SL63 realisiert werden.

Eine zentrale Rolle nimmt dabei das Zusammenspiel des leistungsgesteigerten V8-Saugmotors mit dem neu entwickelten Speedshift MCT ein. Die elektronische Steuerung des Motormomentes sowie der Einzelkupplungen des Speedshift MCT-Getriebe unterstützen dabei unterschiedlichste Anfahr- und Schaltprogramme, die das technische Potential eines hochdynamischen Aggregates zur vollen Entfaltung bringen. Kombiniert mit einer neuartigen Bedieneinheit – der so genannten Drive Unit – gelingt eine definierte Schnittstelle ggü. dem Fahrer, und ermöglicht die mühelose Auswahl des gewünschten Fahrprogramms vom komfortablen Anfahr- und Schaltprogramm bis hin zum extrem sportlichen Anfahr- und Schaltmanöver. Ein weiterer Beitrag leistet ein High-Performance Kühlsystem, um auch bei anspruchsvollen Fahrkollektiven kritische Temperaturüberhöhungen im Getriebesystem zu vermeiden.

Im Folgenden sollen diese Einzelbeiträge zur Performancesteigerung des Gesamtkonzeptes nochmals detaillierter vorgestellt werden.

4.1 Performancesteigerung durch Anpassung der Triebstrang-Anbauteile

Eine der wesentlichen Randbedingungen zur Gewährleistung der Funktionsfähigkeit und Dauerhaltbarkeit bildet die Einhaltung von Öltemperaturen unterhalb kritischer Grenzwerte. Im Falle des Speedshift MCT wurde hierzu im ersten Schritt ein spezielles Getriebeöl entwickelt (sog. ATF 134), welches sich durch eine höhere Reibwertstabilität und höherer Alterungsbeständigkeit auszeichnet.

Für den Einsatz im SL63 AMG wurde darauf aufbauend eine Ermittlung kritischer Lastkollektive vorgenommen, um die jeweilige Grenzbelastung des Kühlsystems in Abhängigkeit des individuellen Fahrprofils ermitteln zu können. Neben den Standard-Fahrzyklen (Stadt-/BAB-DL) tritt der kritische Sonderfall ggü. einem Serienfahrzeug auf der Rennstrecke (300km/h) ein, wobei das Fahrzeug einer Belastung durch Höchstgeschwindigkeitsfahrten auf dem Nürburgring unterzogen wird. Zielsetzung war es, die hier auftretenden Spitzentemperaturen durch Einsatz eines abgewandelten Kühlsystems auf das geforderte Grenztemperaturniveau herabzusenken.

Das Basiskühlsystem beruht dabei auf einem einfachen Kühlkreislauf, bei dem das Getriebeöl durch einen im Wasserkasten befindlichen Wasserölmwmetauscher durchgeführt wird. Vorteil dieses Prinzips ist die schnelle Aufheizung des Getriebeöles nach einem sog. Kaltstart durch direkte Kopplung der Motorabwärme an das Getriebekühlsystem.

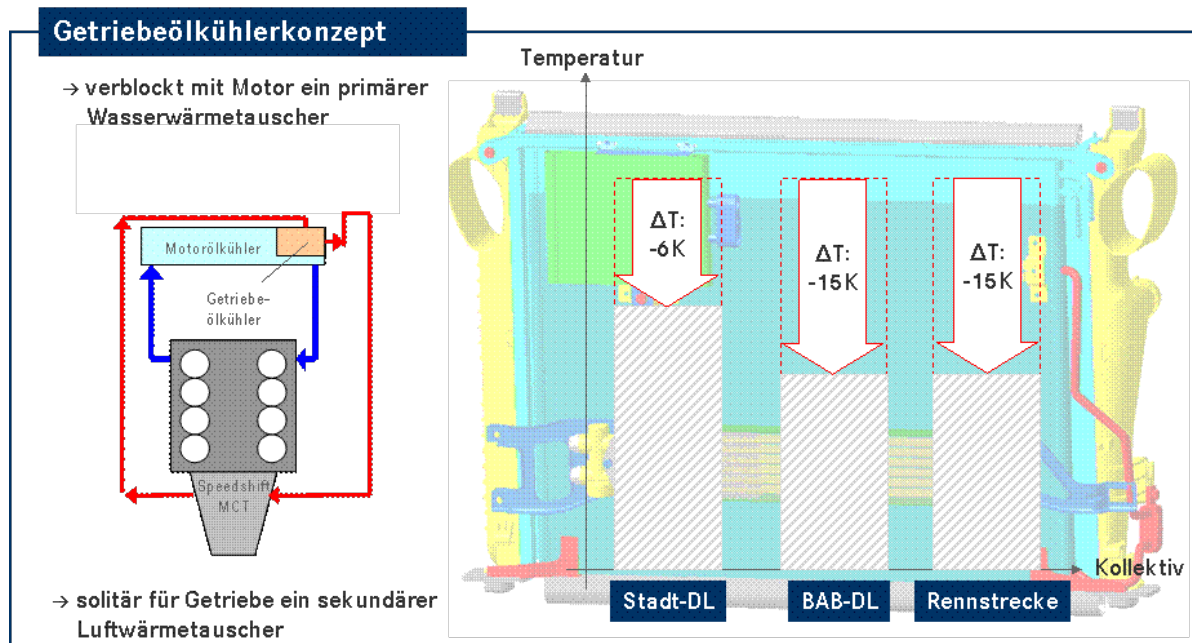


Bild 9: „High Performace Getriebeölkühlung des SL63 AMG“

Bei höheren Belastungen des Getriebes hingegen durch hohe Energieeinträge über häufige Schalt- oder Anfahrvorgänge stößt dieses Kühlprinzip frühzeitig an seine Grenzen. Ursache bildet die Begrenzung der Leistungsabfuhr des Wasserwärmetauschers über die vom Motor vorgegebene Wassertemperatur, sowie die begrenzte Fläche des Getriebeölkühlers im Wasserkasten.

Im Falle des SL63 AMG wurde daher ein Konzept entworfen, welches durch Berücksichtigung eines zusätzlichen Getriebeölkühlers in Reihenschaltung zum bestehenden Konzept eine deutliche Absenkung der Öltemperaturen in den kritischen Lastkollektiven ermöglicht.

Die damit erzielbaren Verbesserungen im Temperaturniveau liegen im Bereich von -6K ... -15K und ermöglichen einen sicheren Einsatz des Speedshift MCT auch unter kritischen Einsatzbedingungen im sportlichen Anwendungsfall.

4.2 Optimiertes Schaltverhalten des MCT-Sportgetriebe

Für den SL63 wurde zur Erhöhung der Schaltdynamik eine Zwischengasfunktion realisiert, die nicht nur fahrprogramm- sondern auch fahrzustandsabhängig variiert werden kann. Dies stellt sich einerseits in einem sportlich, emotional orientierten manuellen Modus (M-Modus) mit starker akustischer Untermalung und andererseits in einem sehr komfortorientierten Schaltablauf (C-Modus) dar. Im Sport-Programmen (S-Modus & S-Plus-Modus) wird, abhängig von der aktuellen Fahrweise, die jeweilige Ausprägung variiert.

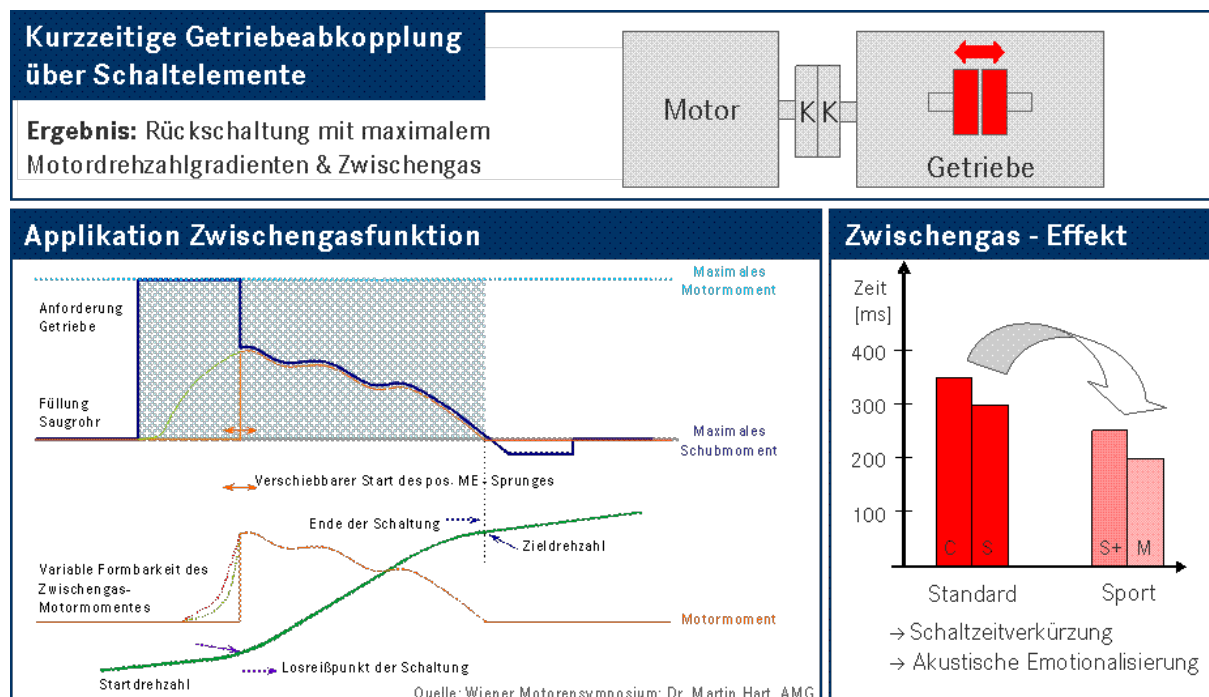


Bild 10: „Schub- Rückschaltung mit Zwischengas (Prinzipdarstellung)“

Der Zeitpunkt der Anforderung zum Gangwechsel ist über eine definierte Schwelle eindeutig zu steuern. Gleichzeitig kann der zeitliche Verlauf des Motormoments in der Zwischengasfunktion gezielt appliziert werden um die Schaltung optimal der aktuellen Fahrsituation anzupassen. Über die Momentenformung kann die Reaktionszeit und die Emotionalität beeinflusst werden. Sobald die Zieldrehzahl erreicht ist, wird wie bei der dargestellten Schubrückschaltung, der Motor wieder gezielt in den Schub geführt.

Zusätzlich wird über eine neu entwickelte „Soundfunktion“ der Motorsteuerung die Akustik in Abhängigkeit der Fahrprogramme und der anliegenden Drehzahlen variiert.

Während der Zwischengasanforderung wird hierzu das Luftpfadmoment kennfeldabhängig erhöht, wodurch sich ein starker Zündwinkelrückzug mit charakteristischem Abgasgeräusch

ergibt. Am Ende der Schaltung werden gezielt Einspritzungen ausgeblendet, um das typische V8-Blubbern zu unterstreichen.

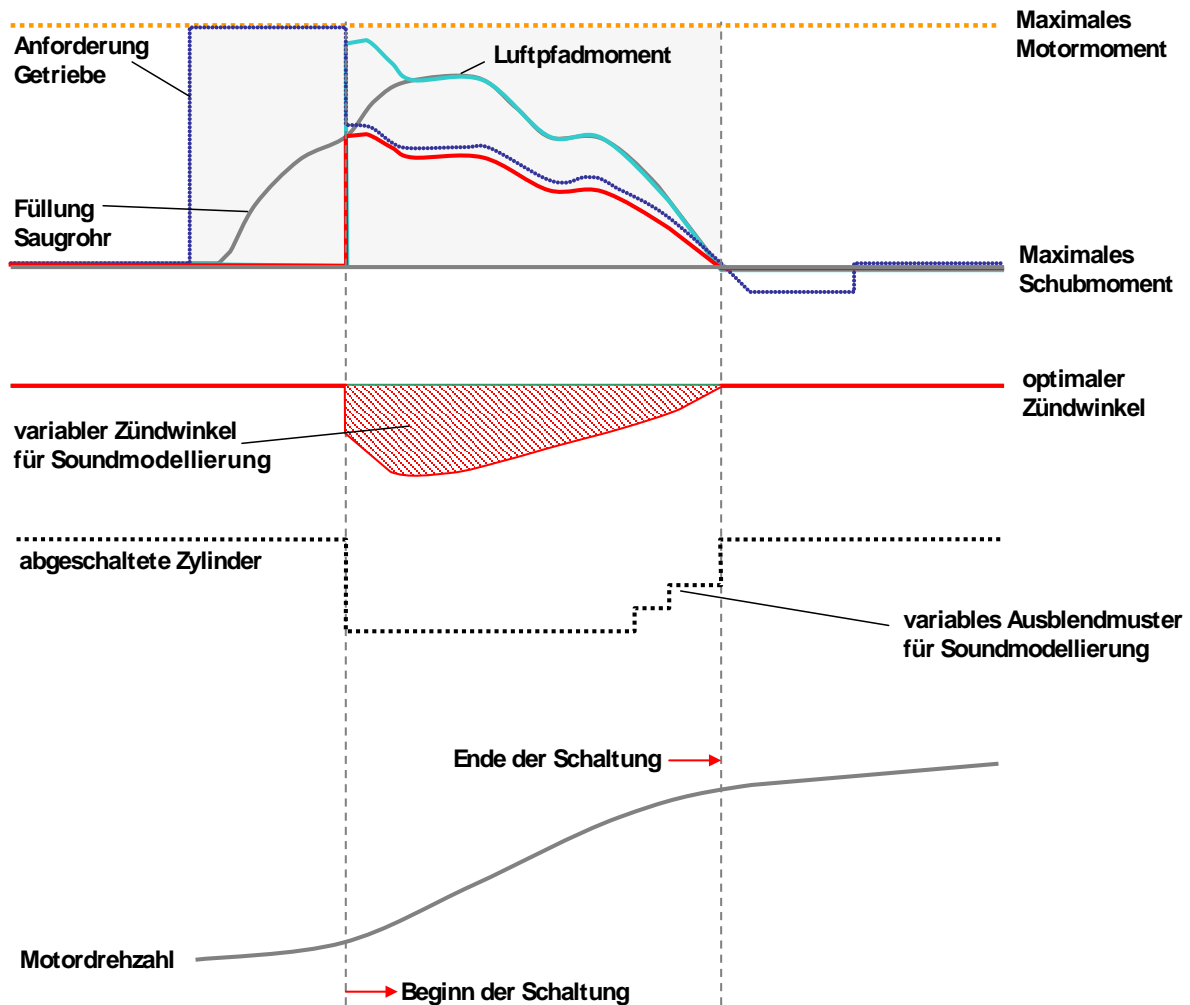


Bild 11: „Soundfunktion (Prinzipdarstellung)“

Durch Rückschaltungen mit Motorführung kann das für Wandlerautomaten übliche, jedoch unerwünschte Bremsmoment auf der Treibachse – resultierend aus dem Schleppmoment des Motors – gänzlich reduziert werden. Die Fahrstabilität und die Fahrsicherheit werden dadurch erheblich gesteigert. Die Schaltzeiten werden durch Stellen der Motordrehzahl deutlich reduziert.

Um das volle Potential dieser Funktionalität nutzen zu können und dem Kunden den gewünschten Fahrspaß zu garantieren wurde die Fahrstrategie ebenfalls weiterentwickelt. Es wird hier über die aktuelle Fahrsituation nicht nur wie bislang üblich über Schaltlinienverschiebungen in einen höheren Leistungsbereich des Motors verschoben sondern auch gezielt die Drehzahl bis zu welcher Rückschaltungen bei Bremsmanövern zugelassen werden über sehr weite Bereiche variiert. In die Berechnung dieser Höhe geht nicht nur die aktuelle Verzögerung des Fahrzeugs ein sondern z.B. auch der Fahrzustand, der kurz vor der Schaltungsanforderung vorherrschte.

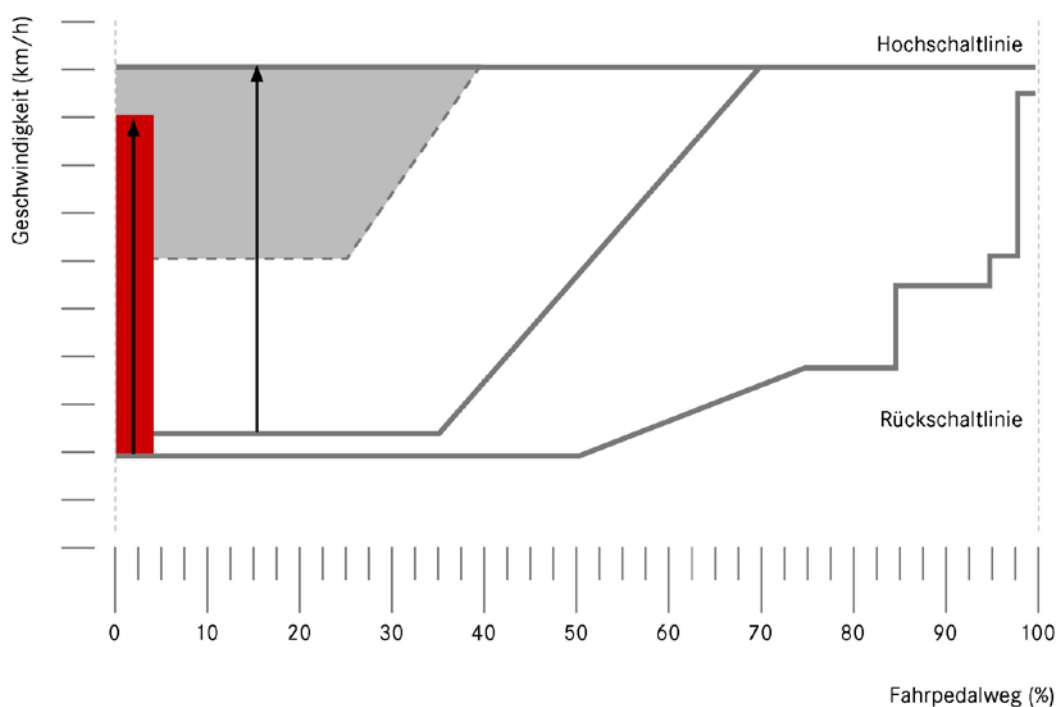


Bild 12: „Schaltlinienvariation (Prinzipdarstellung)“

Die Motordynamik und Gasannahme wurden durch Überarbeitung der Fahrbarkeitsfunktionen erhöht. In Abhängigkeit des Pedalgradienten wird in der Motorsteuerung das berechnete Fahrpedal zusätzlich erhöht und die Drosselklappe stärker geöffnet. Daraus resultieren ein spürbar schnellerer Füllungsaufbau und eine früher einsetzende Beschleunigung.

4.3 Drive Unit: Erweitertes Bedien- und Anzeigekonzept

Die Einstellung des Speedshift MCT erfolgt zentral über die AMG Drive Unit, welche ergonomisch günstig in der Mittelkonsole neben dem Wählhebel angeordnet ist. Sie ist exklusiv in Kombination mit dem MCT-Sportgetriebe erhältlich und betont so den einzigartigen Charakter dieses Getriebes.

Neben der Drive Unit, bestehend aus einem Drehschalter und drei Tastern, kommen zwei Schaltwippen am Lenkrad für die aktive Gangwahl zum Einsatz. Mittels dieser Wippen kann der Fahrer vor allem im M-Programm gezielte Gangwechsel einleiten ohne dabei den sicheren Griff des Lenkrades zu verlieren. Ferner sind die Schaltwippen in die Aktivierungssequenz für die Sonderfunktion Race-Start integriert.

In Verbindung mit dem eigens für das MCT 7-Gang-Sportgetriebe entwickelten Anzeigekonzeptes des Kombiinstrumentes wird eine intuitive Bedienbarkeit der verschiedenen Fahrprogramme und Anfahrstrategien ermöglicht.

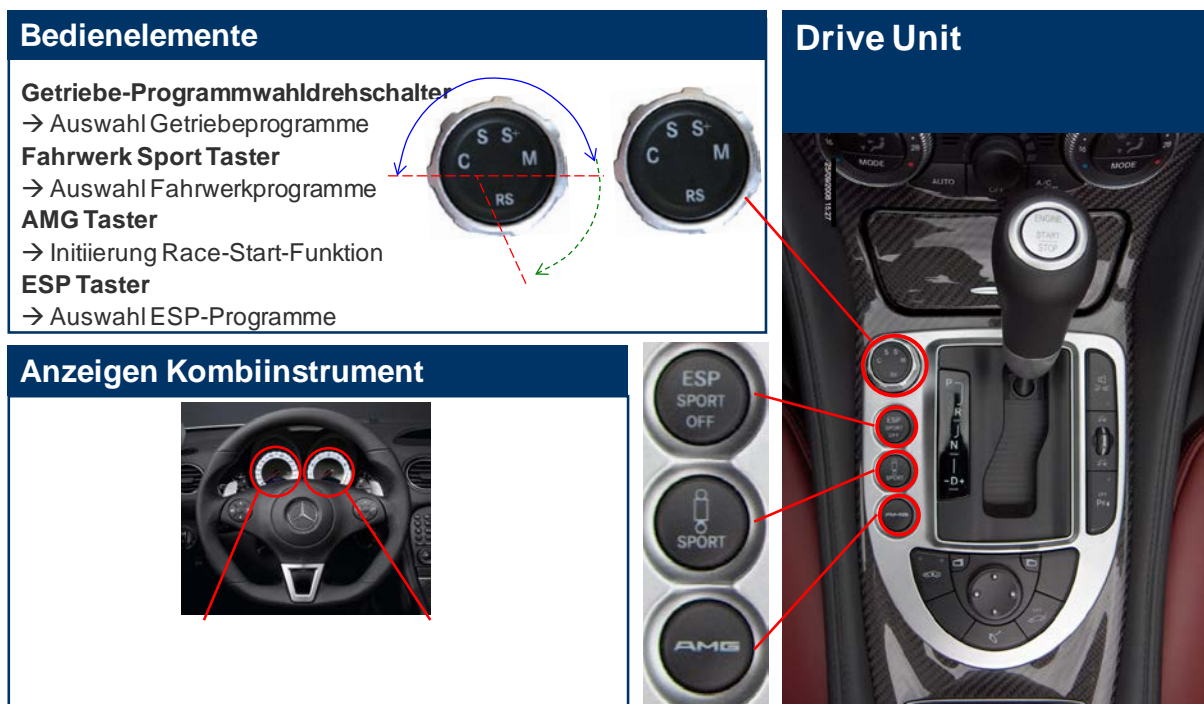


Bild 14: „Bedienkonzept des Speedshift MCT im SL63 AMG“

Als zentrale Schaltstelle des Getriebes beinhaltet die AMG Drive Unit alle für das Fahrverhalten relevanten Stellglieder. Hierzu zählt insbesondere ein elektronischer Drehschalter für die Auswahl der vier Fahrprogramme C, S, S+ und M - von komfortabel bis betont sportlich - sowie der Sonderfunktion Race-Start. Hinter der Race-Start-Funktion

verbirgt sich eine Anfahrstrategie, mit Hilfe derer beim Start des Fahrzeuges das maximale Beschleunigungspotenzial abgerufen und die bestmögliche Traktion der Antriebsräder gewährleistet wird. Die Race-Start-Funktion endet bei zirka 50 km/h und übergibt danach an das Fahrprogramm S+.

In Griffweite zum Drehschalter sind in der Drive Unit darüber hinaus drei Taster zur Ansteuerung spezifischer Fahrdynamikmodi platziert: ESP-Regelung, ABC-Fahrwerk sowie ein Taster „AMG“, der zum Speichern des individuellen Getriebe-Fahrprogramms und Fahrwerk-Setups dient.

5. Zusammenfassung

Das AMG Speedshift MCT stellt für Anwendungen im PKW-Hochleistungssegment eine Getriebeform dar, die ein Maximum an Fahrspaß und Fahrdynamik garantiert. In Kombination mit den modifizierten Baugruppen Motor, Kühlung sowie Bedieneinheit spielt es die vom Konzept vorgegebenen Vorteile in vollem Umfang aus.

Die dem Getriebe zugrunde gelegte Eigenschaft auf Basis eines Planetenradsatzes ermöglicht darüber hinaus den Einsatz mit Hochdrehmomentanwendungen und unterstreicht die Zukunftsfähigkeit des Gesamtkonzeptes.

6. Literatur

[1] Greiner, J.; Indlekofer, G.; Nauerz, H.; Dorfschmid, J.; Gödecke, T.; Dörr, C.: Das neue Automatikgetriebe von Mercedes-Benz; ATZ 5/2001 Jahrgang 62

[2] Korherr, G.; Dörr, Dr.; Rink, Dr.; Wörner, Dr.: Neues Automatikgetriebe im PKW-Hochleistungssegment; VDI-Symposium 2008

[3] Eichler, F., Fürschuss, A., Hart, Dr. M., Schaich, R., Tschamon, B., Illenberger, R., Glose, M., Zimmermann, W.; Der Antriebsstrang des neuen C63 AMG, Wiener Motorensymposium 2008