

Kupplungssysteme



Für Pkw bis 800 Nm



© ZF Friedrichshafen AG-Kupplungssysteme-09/2011

Komfort, Leistung, Umweltschutz: Antriebskomponenten und -systeme für Pkw

Die Anforderungen an Zulieferer im Automobilbereich wandeln sich grundlegend. Zunehmend wird die Integration von Komponenten in komplexe Systeme erwartet – eine Aufgabe, die nur in enger Entwicklungspartnerschaft mit den Fahrzeugherstellern bewältigt werden kann. In Zukunft sollen Kraftstoffverbrauch, Emissionen, Gewicht und Bauraum weiter sinken, bei gleichzeitiger Steigerung von Fahrkomfort, Sicherheit und Fahrdynamik. Um diese Ziele zu erreichen, sind innovative Problemlösungen und neue Produkte unverzichtbar.

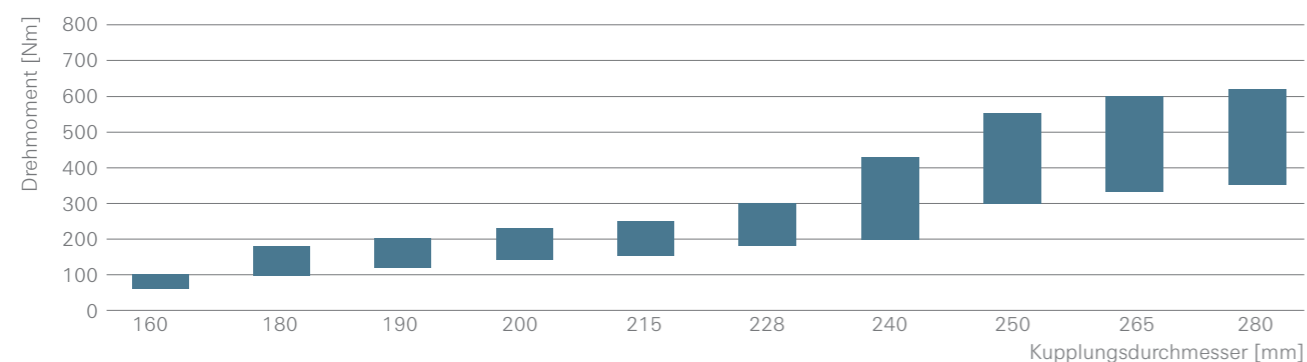
Hier übernimmt ZF Verantwortung und beweist mit integrierten Systemen für den Antriebsstrang seine Kompetenz für die Lösung ganzheitlicher Aufgabenstellungen. Der Systemansatz in der Entwicklung und Fertigung neuer Produkte und Technologien für einen wahrnehmbaren Fortschritt wird konsequent vorangetrieben. Vernetzte Lösungen werden möglich, die den Anforderungen an ein Gesamtsystem entsprechen.

Ein Beispiel hierfür: Als Spezialist für den Antriebsstrang und Hersteller elektrischer Maschinen ist ZF in der Lage, unterschiedlichste Konzepte der Hybridisierung optimal in den Antriebsstrang zu integrieren und so schon heute serienreife Lösungen zur Verbrauchs- und Emissionsreduktion anzubieten.

Das Kupplungssystem

Ein vollständiges Kupplungssystem besteht grundsätzlich aus Schwungrad oder Zweimassenschwungrad, Kupplungsscheibe, Druckplatte, Ausrücker sowie der Kupplungsbetätigung. Die Kupplungsgröße und die Auslegung der Anpresskraft werden durch verschiedene Kriterien bestimmt, insbesondere durch das maximale Motormoment und die entstehende Reibenergie.

Je höher die Anpresskraft, desto kleiner kann der Reibradius sein. Da Gewicht und Kosten im Wesentlichen durch den Durchmesser bestimmt werden, sollte dieser möglichst klein sein. Allerdings muss die Größe der Kupplungsscheibe der entstehenden Wärme und dem Belagverschleiß angepasst sein.



Druckplatte / XTend®-Druckplatte

Die Druckplatte überträgt das Motormoment über die Kupplungsscheibe auf die Getriebeeingangswelle. Für Pkw sind heute Membranfederkupplungen in vielfältigen Varianten üblich. Da Kupplungsbeläge einem betriebsbedingten Verschleiß unterliegen, führt dies über die Lauf-

zeit zu höheren Betätigungskräften an der Druckplatte und damit zu höheren Pedalkräften. Bei der XTend® Druckplatte wird dieses Problem durch Abkoppelung des Belagverschleißes von der Membranfederbewegung gelöst.

Kupplungsscheibe mit Torsionsdämpfer

Kupplungsscheiben werden während eines Fahrzeuglebens immens beansprucht und sind bei kompakter Bauweise aufwändige Bauteile. Neben der Drehmoment-

übertragung erfüllen sie zusätzliche Aufgaben wie Drehschwingungsdämpfung, guten Bedienkomfort und hohe Wärmeresistenz.

Kupplungsbetätigung

Die Kupplungsbetätigung leitet den Druck, den der Fahrer auf das Kupplungspedal ausübt, an die Kupplung weiter, um sie zu öffnen. Absolute Zuverlässigkeit, ergonomische Erfordernisse und hoher Bedienkomfort

müssen über die gesamte Lebensdauer gewährleistet sein. Zur Betätigung gehört die hydraulische Übertragungsstrecke mit Geber- und Nehmerzylinder sowie der mechanische Teil mit Ausrücklager und Hebel.

Mehrscheibenkupplung

Bei besonders leistungsstarken Motoren stoßen Einzelscheibenkupplungen oft an ihre Grenzen. Um dennoch

die hohe Leistung zuverlässig auf die Straße zu bringen, werden Mehrscheibenkupplungen eingesetzt.

Hybridkupplungen

Bei vielen Hybridantrieben muss zusätzlich zur elektrischen Maschine auch eine weitere trennbare Kupplung im bestehenden Bauraum integriert werden.

Diese Kupplung ermöglicht insbesondere bei parallel im Antriebsstrang angeordneten elektrischen Maschinen alle denkbaren Hybridfunktionen, wie das elektrische Fahren.

Automatisiertes Schaltgetriebe ASG

Beim automatisierten Schaltgetriebe wird die Kupplung mit einem elektromechanischen Kupplungsaktor betätigt. Die Schaltvorgänge innerhalb des Getriebes werden von einem elektromechanischen Getriebeak-

tuator übernommen. Die Steuerung beider Aktuatoren erfolgt über ein elektronisches Steuergerät. ZF ist in der Lage, alle Komponenten inkl. Getriebebesteuergerät und Software aus einer Hand zu liefern und zu integrieren.

Zweimassenschwungrad ZMS

Entsprechend den Anforderungen der jeweiligen Antriebsstränge bietet ZF verschiedene Zweimassenschwungräder an. Den Einstieg bildet der Mechanische Torsionsdämpfer (MTD) für den unteren und mittleren Drehmomentbereich. Das ZMS wird je nach Bedarf in verschiedenen Leistungsstufen ausgebildet:

Das einreihige ZMS enthält einen leistungsfähigen Außenfedersatz. Dieser wird beim zweireihigen ZMS um einen Innendämpfer ergänzt. Für sehr anspruchsvolle Anwendungen kommt im ZMS ein drehzahladaptiver Tilger (DAT) zum Einsatz.

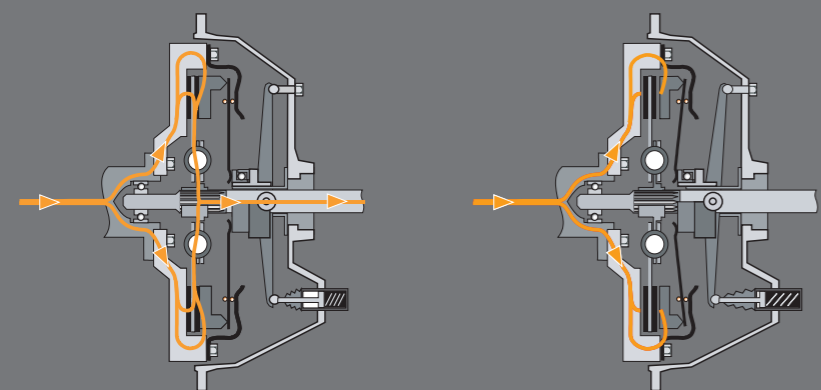
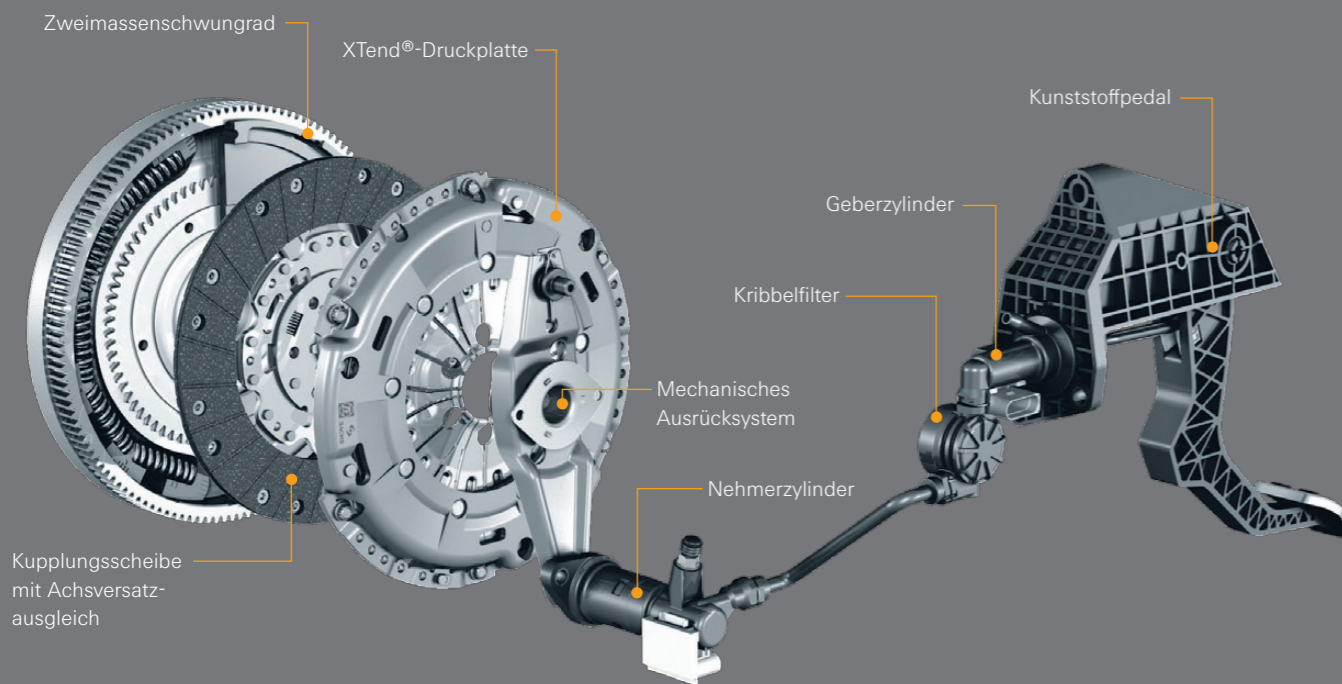
Das Kupplungssystem – Kraftschluss neuester Stand

Die Aufgabe:

Die technischen Anforderungen an ein modernes Kupplungssystem sind vielfältig: Sie reichen vom schnellen und zuverlässigen Trennen und Schließen des Kraftflusses über die ergonomische Bedienbarkeit, eine möglichst hohe Lebensdauer ohne Komforteinbußen, gleichbleibende Pedalkräfte, die Dämpfung von Schwingungen bis hin zur minimalen Baugröße.

Die Kupplungssysteme von ZF für manuelle Schaltgetriebe bestehen aus millionenfach bewährten Komponenten, die in allen Kategorien höchsten Standards entsprechen. Durch individuelle Applikationsentwicklung ist eine optimale Auslegung des Gesamtsystems auf das Fahrzeug möglich. Außerdem sind die Produkte technisch so ausgereift, dass der Anpassungs- und Entwicklungsaufwand äußerst gering ist.

Aufgrund des günstigen Systempreises von Kupplung und Betätigung sowie der Kraftstoffeinsparung sind Kupplungen und manuelle Getriebe auch weiterhin bei kleinen und mittleren Fahrzeugen sowie im gewerblichen Kraftverkehr europäischer Standard.



Leistungsfluss Kupplung – eingekuppelt

Leistungsfluss Kupplung – ausgekuppelt

Pluspunkte

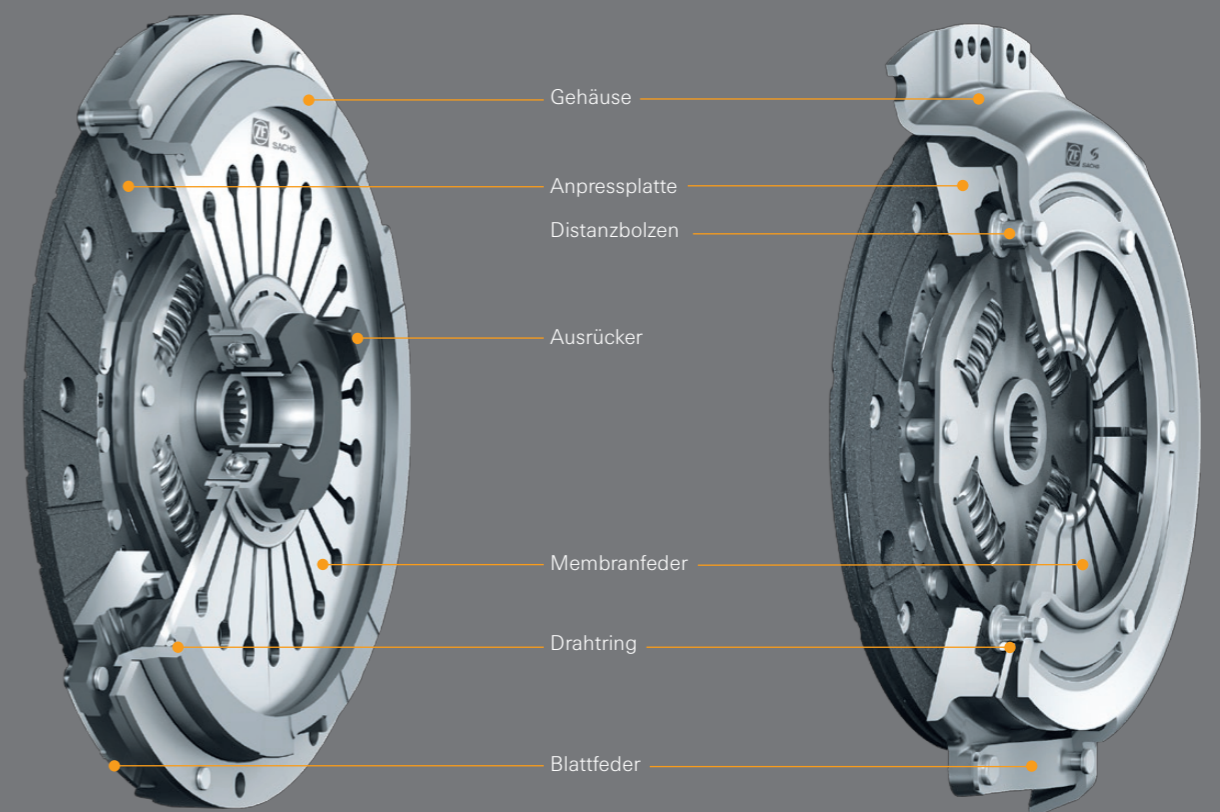
- Hohes Übertragungsmoment bei geringer Baugröße
- Niedrige Ausrückkräfte durch optimalen Wirkungsgrad
- Einfacher Aufbau
- Ausgereifte Technologie
- Lange Lebensdauer
- Geringes Gewicht

Druckplatten für Kupplungen – Zuverlässige Kraftübertragung

Die Technik:

Die Druckplatte überträgt das Motor-moment über die Kupplungsscheibe auf die Getriebeeingangswelle. Fest mit dem Schwungrad verschraubt, besteht die Druckplatte im Wesentlichen aus einem Metallgehäuse, einer Anpressplatte und einer Tellerfeder mit integrierten Betätigungshebeln. Diese Feder presst die axial verschiebbare Anpressplatte im einge-

kuppelten Zustand gegen die Kupplungsscheibe und das Schwunrad. Ihre Kraftcharakteristik bestimmt die zum Öffnen der Kupplung notwendigen Betätigungskräfte. Vibrationen, Druck und Reibungshitze – die Kupplung ist eines der am stärksten beanspruchten Elemente im Antriebsstrang. Auch nach vielen tausend Kupplungsvorgängen muss die Feder noch zuverlässig arbeiten, selbst wenn sich bei jedem Fahrzeug durch den systembedingten Verschleiß des Kupplungsbelages Kraft-/Wegverhältnisse ändern.



Druckplatte – gezogene Ausführung

Druckplatte – gedrückte Ausführung

XTend® – Die Druckplatte mit automatischem Verschleißausgleich

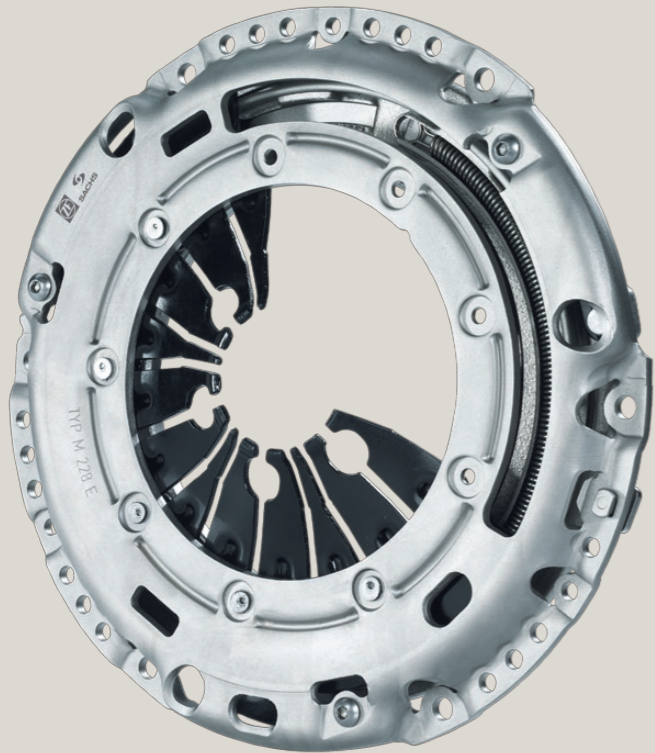
Die Aufgabe:

Trotz erhöhter Qualität und Lebensdauer unterliegen Kupplungsbeläge selbst bei schonender Behandlung betriebsbedingtem Verschleiß. Die Abnahme der Belagstärke beeinflusst das Kräfteverhältnis entscheidend: Ausrück- und Anpresskraft steigen – und damit auch die notwendige Pedalkraft. Gegen diesen Verschleiß und die damit verbundenen negativen Auswirkungen im Antriebsstrang ist XTend® die optimale Lösung. XTend®-Druckplatten eignen sich für alle Fahrzeuge mit hoher Laufleistung und starker Beanspruchung der Kupplung.

Die Technik:

XTend®, die Druckplatte mit automatischem Verschleißausgleich, koppelt den Belagverschleiß von der Membranfederbewegung ab. Der Ausgleichsmechanismus registriert ständig die Abnahme des Belages und gleicht durch Verdrehen eines Stellringes den Abstand zuverlässig wieder aus. Dadurch bleiben die Kräfteverhältnisse konstant und die Lebensdauer wird verlängert, da die Beläge weiter verschlissen werden können. Ein weiterer Vorteil von XTend® liegt in der Konstruktion: Der axial benötigte Bauraum im Kupplungssystem bei betriebsbedingtem Verschleiß wird durch den Einsatz von XTend® reduziert.

XTend®-Druckplatte

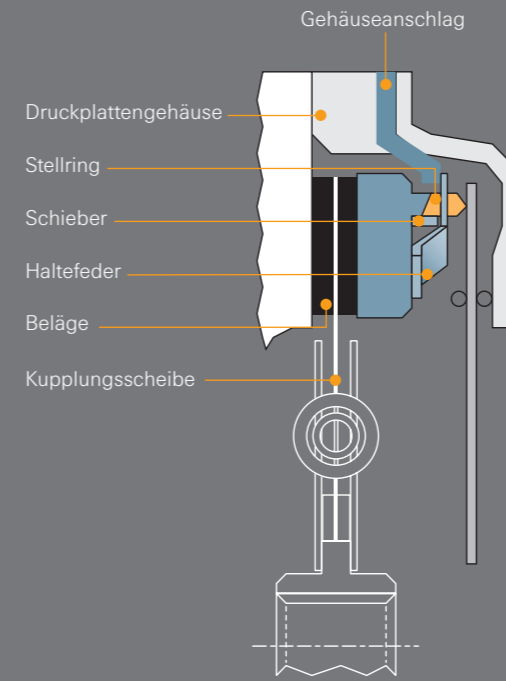


XTEND®

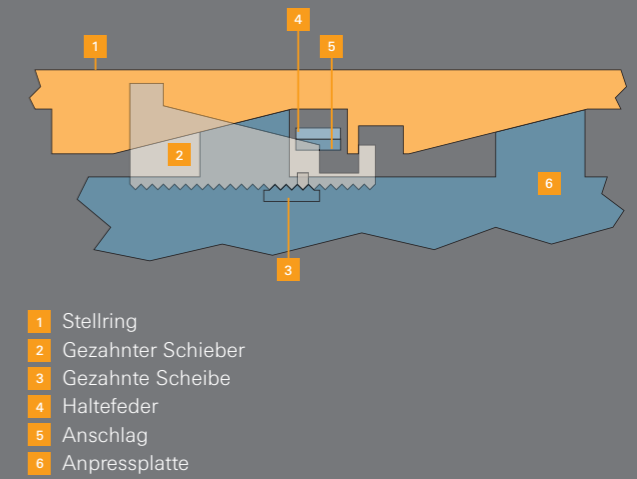
Pluspunkte

- Gleichbleibende Pedalkräfte über die gesamte Lebensdauer
- Flexible Anpassung an die Fahrzeugbedürfnisse möglich
- Unempfindlichkeit gegenüber extremen Temperaturen, Verschmutzung und Alterung
- Axiale Bauraumverkleinerung
- Montage- und servicefreundlich

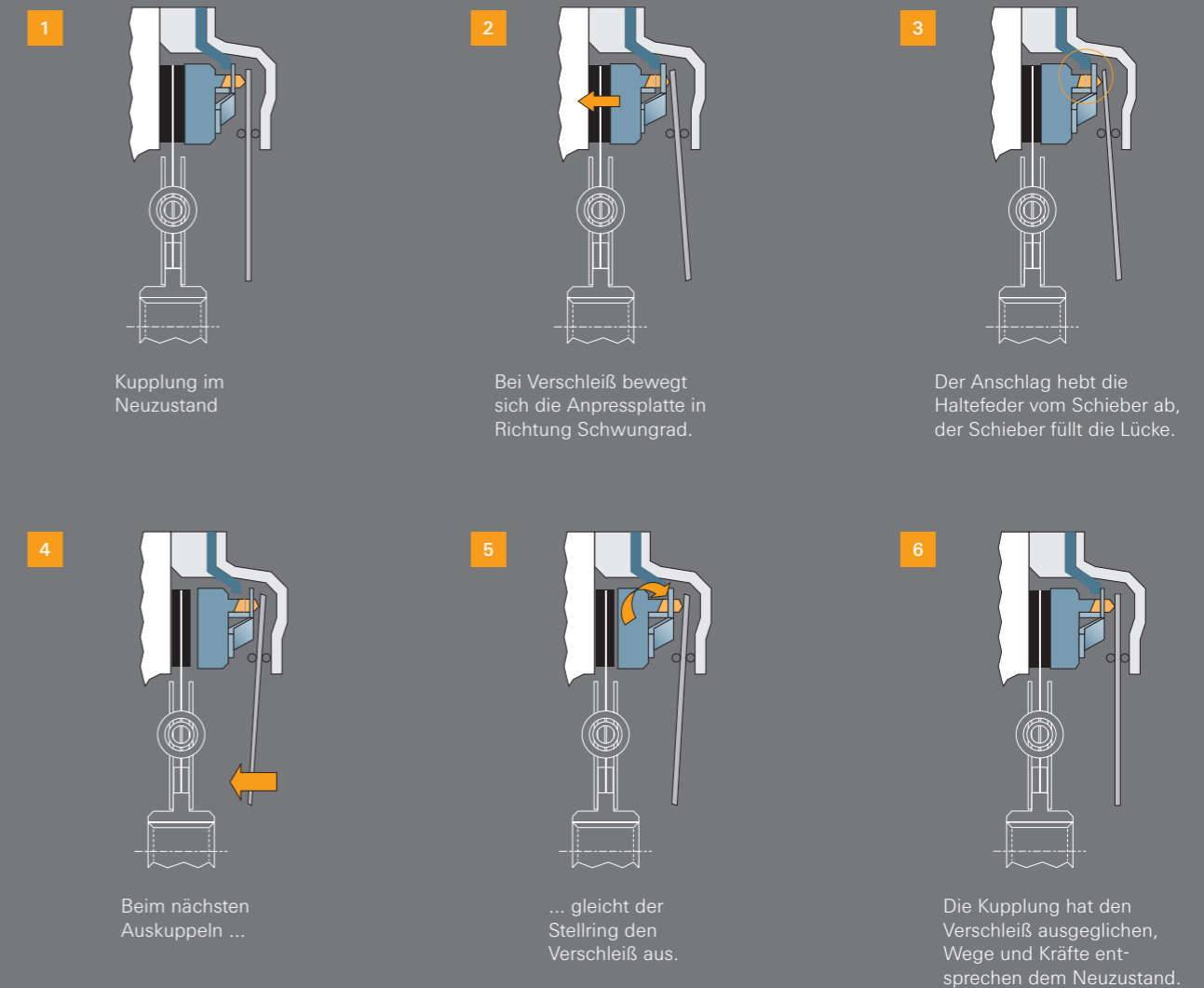
Kupplung im Neuzustand



Prinzip des Verschleißausgleiches



Verschleißnachstellung in einem Kuppelvorgang



Kupplungsscheibe mit Torsionsdämpfer – Für mehr Ruhe im Antriebsstrang

Die Aufgabe:

Getrieberasseln und Karosseriergeräusche sind die unangenehmen Folgen von Schwingungen im Antriebsstrang. Diese werden durch zündungsbedingte Drehungleichförmigkeiten oder schnelle Lastwechsel hervorgerufen. Moderne Motoren zeichnen sich durch Verkleinerung der Hubräume und Aufladung (Downsizing) aus, um den Verbrauch zu senken. Die Motoren erzeugen hohe Drehmomente bei niedrigen Drehzahlen (Downspeeding). Bei derartigen Motorcharakteristika kommt es zu verstärkten Torsionsschwingungen. Dem gegenüber steht der Anspruch des Fahrers an einen gesteigerten Fahrkomfort.

Die Technik:

Der in die Kupplungsscheibe integrierte Torsionsdämpfer ist das zentrale Element zur Abstimmung des Drehschwingungsverhaltens im Antriebsstrang, vom Verbrennungsmotor bis zu den Rädern. Dieses effektive Dämpfungssystem besteht aus einer Reibeinrichtung sowie je einem Federsatz für Fahr- und Leerlaufbetrieb. Es ermöglicht durch die in Fenstern geführten Schraubenfedern eine begrenzte Verdrehung zwischen Kurbelwelle und Getriebeeingangswelle. Da jede Motor-Getriebe-Kombination eine eigene Charakteristik aufweist, wird der Torsionsdämpfer individuell abgestimmt. So wird durch eine sehr gute Federkennlinie und Dämpfung eine hervorragende Entkopplungsgüte erreicht.

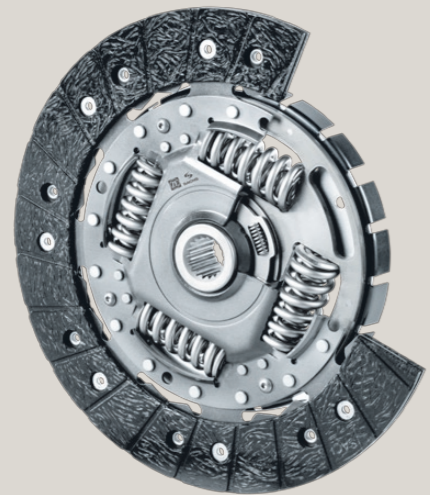


Pluspunkte

- Komplexe Kennlinien gestaltbar
- Kompakte Bauweise
- Geringe Massenträgheit
- Baukastensystem

Kupplungsscheibe mit Torsionsdämpfer

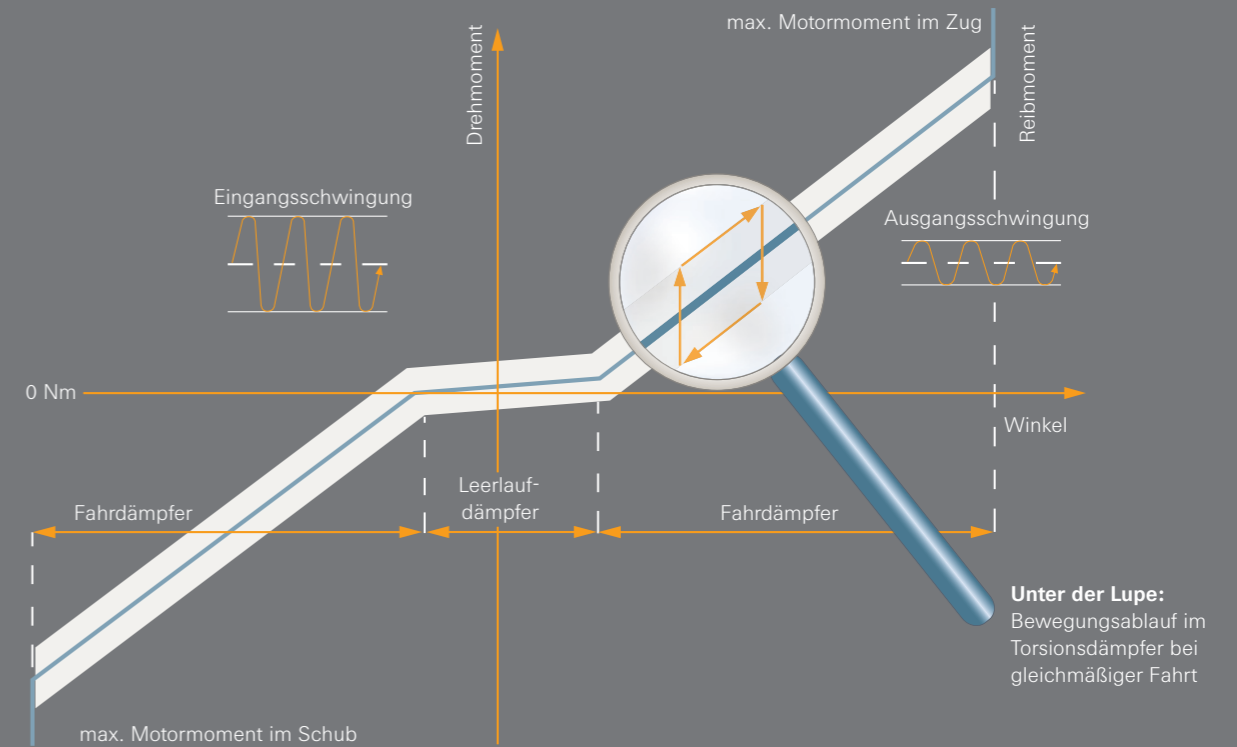
Die Torsionsdämpfer sind auf die jeweiligen Fahrzeugcharakteristika abgestimmt. Die Motorschwingungen werden sowohl im Fahrbetrieb als auch im Leerlauf durch den mehrstufig wirksamen Hauptdämpfer und zusätzliche Vordämpfer effektiv minimiert.



Kupplungsscheibe mit Torsionsdämpfer und fliehkraftabhängiger Reibung

Die Kupplungsscheibe ändert das Dämpfungsverhalten in Abhängigkeit der Motordrehzahl. Mit dieser Eigenschaft wird das besondere Torsionsschwingungsverhalten von 2- und 3-Zylindermotoren gut entkoppelt.

Schwingungsdämpfung im Torsionsdämpfer – Drehmoment und Verdrehwinkel



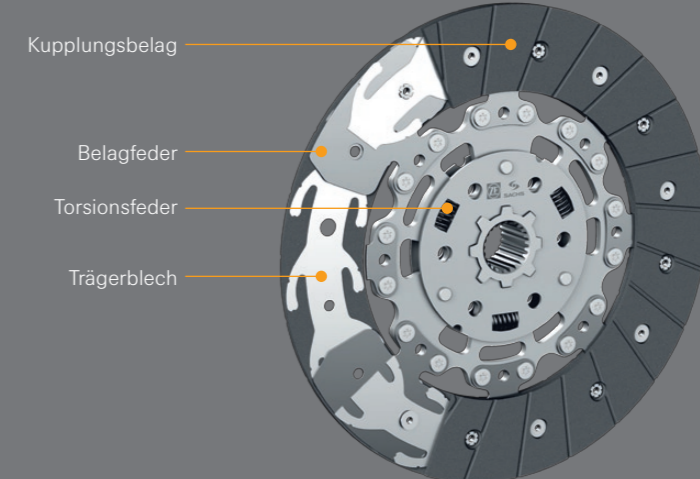
Kupplungsbeläge: umweltfreundlich und belastbar

Die Reibeläge erlauben in der Anfahrphase eine feine Dosierung des Motormoments und ermöglichen so im Zusammenwirken mit der Belagfeder das ruckfreie Anfahren. Sie bestehen aus einer Vielzahl abgestimmter Materialien: Garne aus Glas- oder Polymerfasern sowie Kupfer- und Messingdraht, eingebettet in einer Mischung aus Harz, Kautschuk und Füllstoffen. Insbesondere beim Anfahren unter erschwerten Bedin-

gungen, aber auch im normalen Fahrbetrieb, werden die Beläge durch hohe Reibgeschwindigkeiten, große Anpresskräfte und extreme Temperaturen belastet – und das bei unvermindertem Anspruch des Fahrers auf volle Funktionalität. Die Kupplungsbeläge von ZF sind bleifrei, werden in einem umweltfreundlichen Verfahren hergestellt und erfüllen die Anforderungen der EU-Altfahrzeugrichtlinie.

S-Tec

Die dünnen Beläge für Kupplungsscheiben haben sehr hohe Berstfestigkeiten, zeigen ein konstantes Einkupplerverhalten über die Lebensdauer und bieten ein erhöhtes Verschleissvolumen wie auch besseres Wärmespeichervermögen und Bauraumersparnis.



Kupplungsbetätigung – Druck mit Gefühl

Die Aufgabe:

Die hydraulische Kupplungsbetätigung leitet die Kraft, die der Fahrer auf das Kupplungspedal ausübt, an die Kupplung weiter, um sie zu öffnen. Absolute Zuverlässigkeit, Ergonomie und hoher Bedienkomfort müssen über die gesamte Lebensdauer gewährleistet sein. Für den Fahrer ist ein subjektiv „gutes Gefühl“ für den Druckpunkt entscheidend.

ZF bietet das Gesamtsystem aus einer Hand an. Durch die Beherrschung dieses Systems und seiner Schnittstellen können die einzelnen Betätigungskomponenten optimal auf das Fahrzeugkonzept abgestimmt werden.

Die Technik:

Das hydraulische Kupplungsbetätigungssystem besteht aus einem hydraulischen und einem mechanischen Teilsystem. Das hydraulische Teilsystem umfasst den Geberzylinder mit Verbindung zum Bremsflüssigkeitsvorratsbehälter, die Druckleitung und den am Getriebegehäuse befestigten Nehmerzylinder. Das mechanische Teilsystem befindet sich innerhalb der Kupplungsglocke.

Der Pedaldruck des Fahrers wird dort mithilfe des Ausrückhebels über das Ausrücklager auf die Kupplung übertragen. Ein verbessertes Übertotpunktfedersystem im Pedalwerk kann die erforderliche Pedalkraft reduzieren und so die Kupplungsbetätigung erleichtern.

Zur Verbesserung von Komfort und Funktion können zusätzliche Komponenten wie ein Kribbelfilter oder ein Begrenzer des Spitzendrehmomentes integriert werden. Eine integrierte Sensorik kann in Verbindung mit einer elektromechanischen Parkbremse das Zurückrollen des Fahrzeuges bei geöffneter Kupplung verhindern.

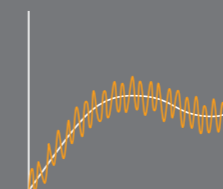
Nehmerzylinder

Der Nehmerzylinder betätigt den Ausrückhebel. Eine integrierte Druckfeder sorgt für die nötige Vorlast des Ausrückers zur Membranfeder.

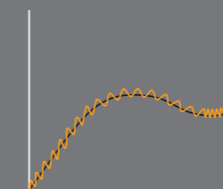


Kribbelfilter

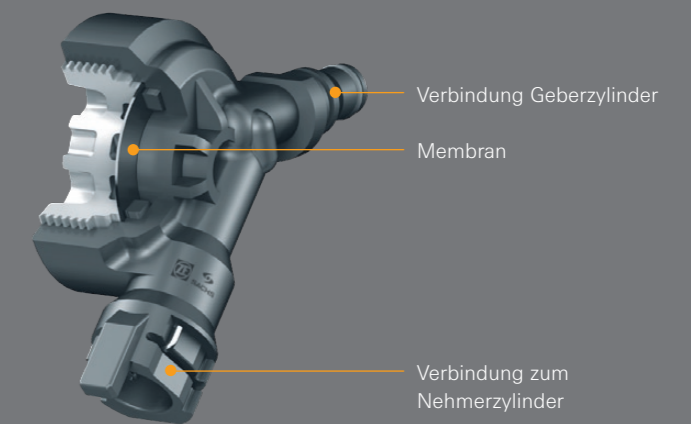
Der Kribbelfilter dämpft Druckpulsationen durch Verformung der Membranen in Echtzeit. Im Inneren des Filters erfolgt eine mehrfache Fluidumlenkung.



Druckpulsation ohne Kribbelfilter

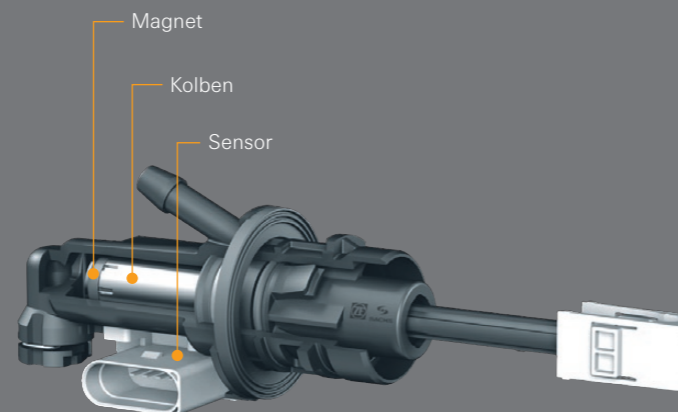


Druckpulsation mit Kribbelfilter



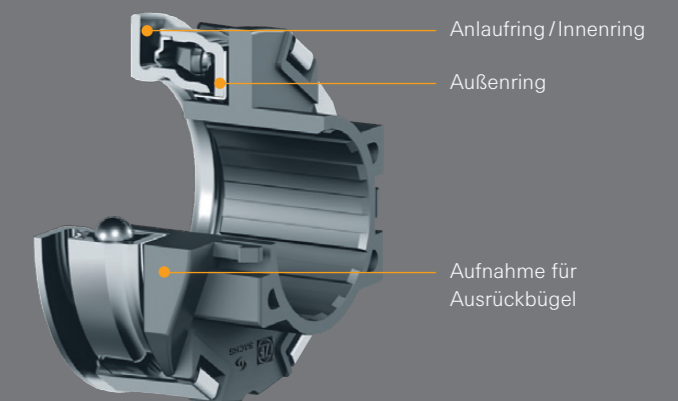
Geberzylinder

Der Geberzylinder mit Wegsensor verhindert das Starten des Motors bei geschlossener Kupplung und schaltet den Tempomaten ab, sobald die Kupplung geöffnet wird.



Ausrücklager

Das Ausrücklager ist das Übertragungsglied zwischen der rotierenden Kupplung und dem ruhenden Betätigungssystem.



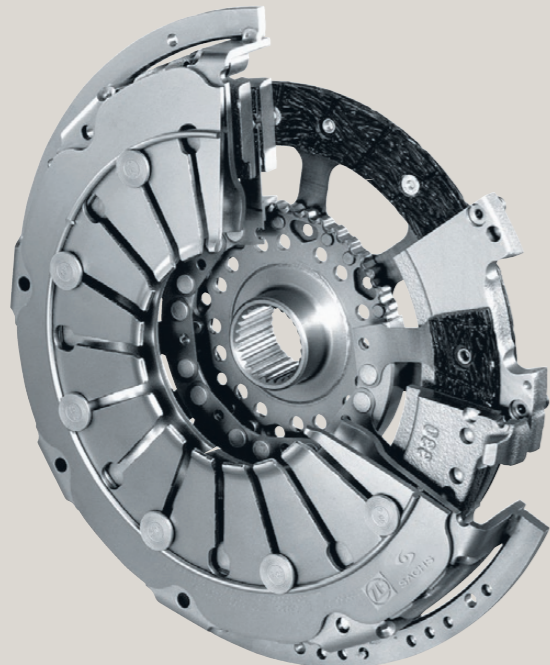
Mehrscheibenkupplung – Die starke Verbindung

Die Aufgabe:

Die leistungsstarken Motoren von Straßenfahrzeugen stellen bei sportlicher Fahrweise hohe Anforderungen an die Übertragungssicherheit und Wärmekapazität der Kupplung.

Die Technik:

Durch Vervielfachung der Anzahl von Reibflächen erhöhen sich Drehmoment und Wärmekapazität bei optimaler Nutzung des Bauraumvolumens. Dabei schonen die trägheitsminimierten Kupplungsscheiben die Getriebesynchronisation und dynamisieren die Schaltvorgänge. Die Plattensteuerung sorgt für beruhigenden Komfort, da das Trennen und Schließen des Kraftflusses kontrolliert erfolgt.



Die Mehrscheibenkupplung MF2/228 für Serienfahrzeuge der oberen Leistungsklasse bewältigt dank ihrer großen Wärmeabgabefläche hohe Reibarbeiten und kann bis 800 Nm Drehmoment übertragen. Die Kraftsteuerung der Zwischenplatte sorgt für Komfort und sichere Funktion.

Pluspunkte

- Exzellente Übertragungssicherheit
- Optimal genutzter Bauraum
- Verringerte Betätigungskräfte
- Flache Kraftkennlinie
- Niedriges Massenträgheitsmoment
- Kurze Baulänge der Kupplungsscheibennabe

Hybridkupplungen – Volle Funktion durch Integration

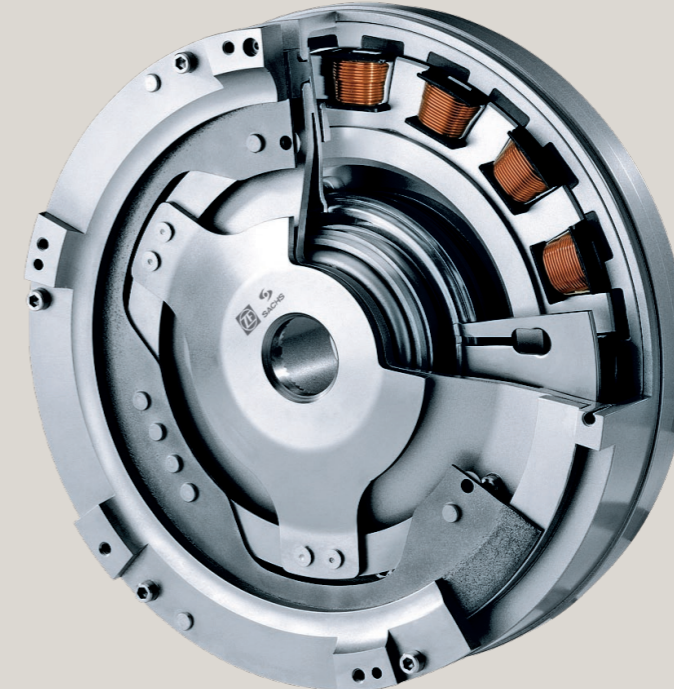
Die Aufgabe:

Bei vielen Hybridantrieben muss zusätzlich zur elektrischen Maschine auch eine weitere trennbare Kupplung im bestehenden Bauraum integriert werden. Die Kupplung ermöglicht insbesondere bei parallel im Antriebsstrang angeordneten elektrischen Maschinen alle denkbaren Hybridfunktionen, wie das vom Verbrennungsmotor abgekoppelte rein elektrische Fahren.

Die Hybridkupplungen müssen an die hybrid-typischen Anforderungen angepasst werden.

Die Technik:

Als Systemanbieter kann ZF Hybridmodule anbieten, bei denen die Kupplung mit der elektrischen Maschine integriert wird. Dabei übernehmen Bauteile der elektrischen Maschine zusätzlich Funktionen der Kupplung und umgekehrt zwecks Einhaltung von Bauraumvorgaben. Hybridkupplungen sind optimal an die spezifischen Anforderungen angepasst. Sie bauen auf der Serienerfahrung mit Handschaltkupplungen auf, erweitern diese aber um neue Funktionen.



Mit der Schwingstartkupplung reißt die rotierende elektrische Maschine den stehenden Verbrennungsmotor durch schlagartiges Schließen der Kupplung in weniger als 0,3 Sekunden auf Betriebsdrehzahl hoch, ohne störende Einflüsse. Zusätzlich kann die Kupplung extrem hohe Drehmomente übertragen.

Pluspunkte

- Drastische Reduzierung des Kraftstoffverbrauches und der Emissionen
- Sehr schneller und leiser Motorstart und somit komfortabler Start-Stopp-Betrieb
- Rückgewinnung von elektrischer Energie beim Bremsen
- Erhöhung der Fahrdynamik durch Unterstützung des Verbrennungsmotors beim Beschleunigen, sogenanntes Power-Boost
- Rein elektrisches und somit emissionsfreies Fahren durch Abkoppeln des Verbrennungsmotors vom Antriebsstrang

Automatisierung – Intelligent schalten lassen

Die Aufgabe:

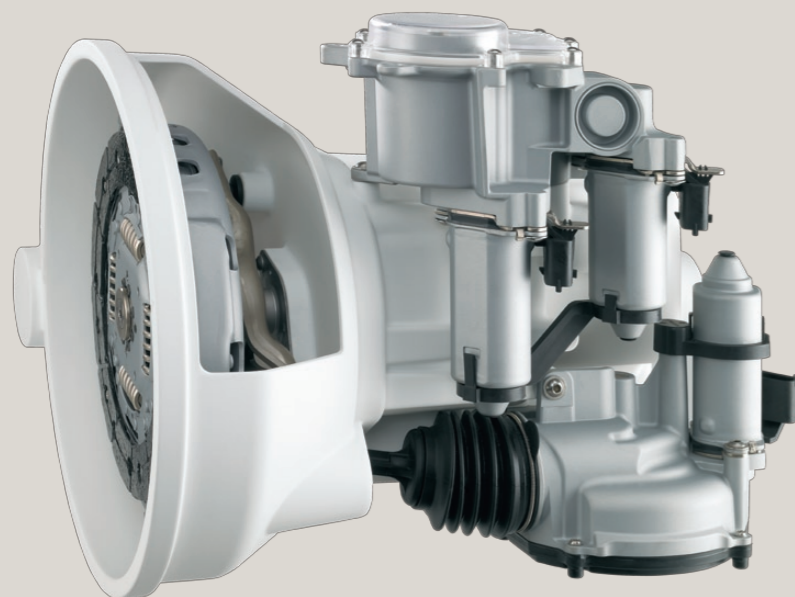
Um den Forderungen der Endverbraucher, Automobilindustrie und Gesetzgeber nach Kraftstoff- und Emissionsreduzierung bestmöglich nachzukommen, ist die Erhöhung des Wirkungsgrades im Antriebsstrang unverzichtbar. Mit den Komponenten von ZF zur Automatisierung von Schaltgetrieben kann eine Verbesserung des Fahrkomforts auch in den Fahrzeugklassen angeboten werden, für die Automatgetriebe aus Gewichts-, Bauraum- oder Kostengründen nicht in Frage kommen. ZF bietet das Gesamtsystem mit Aktuatoren, Getriebe-steuergerät (TCU), Software und Shifter aus einer Hand, und kann somit die Systemführerschaft während des Entwicklungsprozesses übernehmen. Durch die Beherrschung dieses Systems und seiner Schnittstellen können die einzelnen Betätigungskomponenten optimal auf das Fahrzeugkonzept abgestimmt werden.

Die Technik:

Bei einem automatisierten Schaltgetriebe wird das Kuppeln und Schalten durch elektromechanische oder hydraulische Aktuatoren übernommen. In jedem Fall bleibt der individuelle Fahrspaß erhalten. Denn der Fahrer entscheidet selbst, den Automatikmodus zu wählen oder manuell über Schaltwippe oder Schalthebel die Gänge zu wechseln.

Automatisierungssysteme reduzieren durch die Optimierung der Gangwechselstrategie die Zugkraftunterbrechung während des Schaltvorgangs auf ein Minimum. Dazu überwachen Sensoren alle relevanten Parameter und leiten sie an die Steuersysteme weiter. Aus diesen Daten errechnet das System die Schaltpunkte und steuert die Schaltungs- und Kuppelvorgänge vollautomatisch. Sogar Eingriffe in den Fahrbetrieb sind möglich, um die Sicherheit zu erhöhen – bei Schleudergefahr etwa kann der Kraftfluss kurzzeitig automatisch unterbrochen werden. Zudem können die Automatisierungskomponenten ebenso in Start/Stop-Anwendungen sowie in Hybridanwendungen eingesetzt werden. Mit dem Einsatz von ZF-Komponenten zur Automatisierung von Schaltgetrieben erzielen Käufer dieser Serienfahrzeuge schon heute erhöhten Komfort.

Automatisiertes Schaltgetriebe ASG



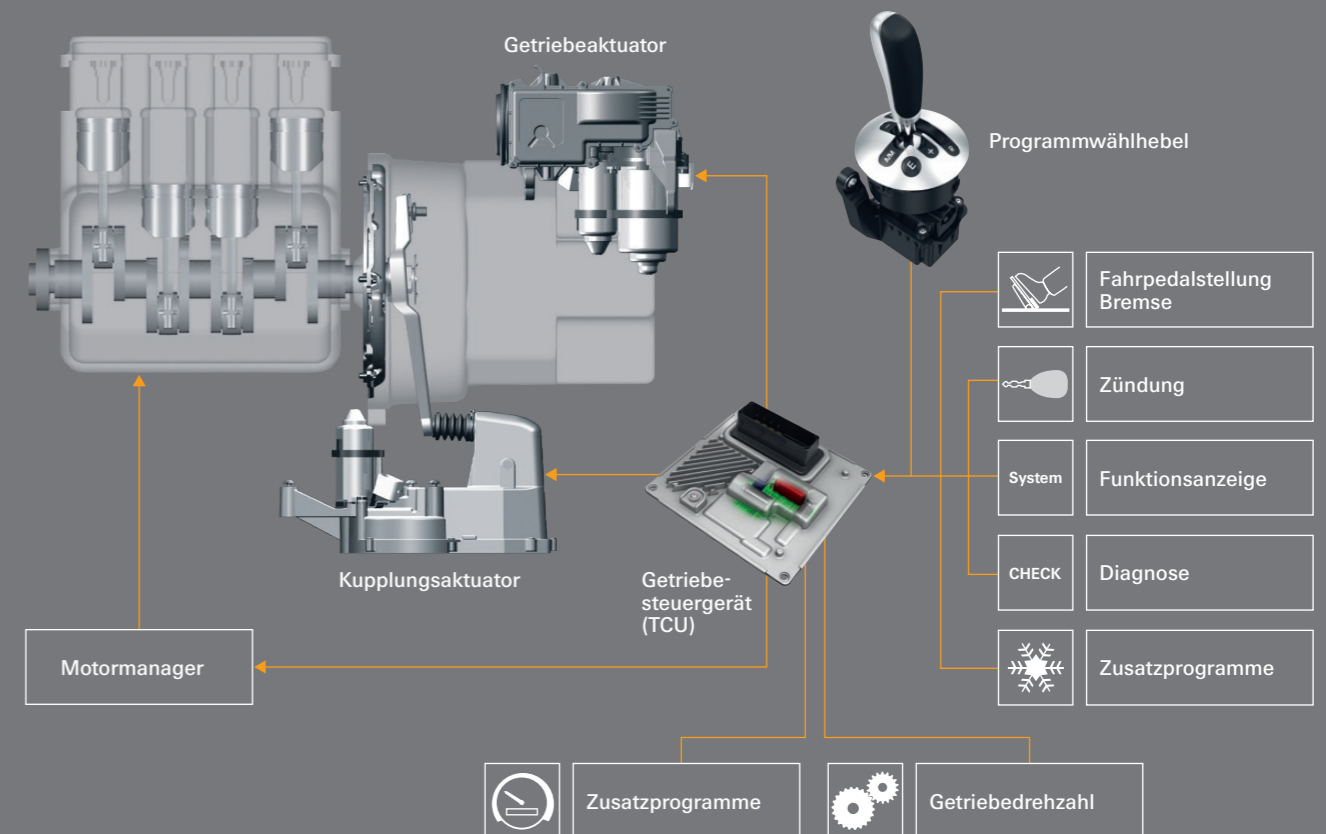
Pluspunkte

- Umfassender Fahrkomfort – kein Kuppeln, kein Schalten
- Kein Verschalten möglich
- Geringere Kosten, niedrigeres Gewicht und kleinerer Bauraum als Automatgetriebe
- Handschalten für individuelle Fahrweise möglich
- Fahrprogramme für sportliche Fahrweise, glatte Fahrbahn oder schwere Beladung
- Geringer Verbrauch durch elektronisch optimierte Schaltpunkte und schlupffreie Kraftübertragung

Vergleichstabelle MT/AMT

Vergleichsparameter	MT	AMT	Bemerkung
Kraftstoffverbrauch	+/-	++	Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs durch Schalten zum optimalen Zeitpunkt im Automatikmodus
Emissionen	+/-	++	Reduzierung des CO ₂ -Ausstoßes durch Schalten zum optimalen Zeitpunkt im Automatikmodus
Kosten	++	+	Kostengünstigste Automatisierungs-Alternative im Vergleich zu anderen gängigen Systemen (Doppelkupplung, Automatgetriebe)
Fahrkomfort	+	++	Deutlich höherer Fahrkomfort für Fahrer und Insassen durch Schalten zum optimalen Zeitpunkt im Automatikmodus

Systemdarstellung einer elektromechanischen Automatisierung



Zweimassenschwungrad ZMS – Perfekte Schwingungsisolierung

Die Aufgabe:

Verbrauchsoptimierte Pkw-Motoren werden trotz weniger Hubraum und abnehmender Zylinderzahl immer leistungsstärker. Um kraftstoffsparend fahren zu können, wird gleichzeitig das nutzbare Motor-Drehzahlband in Richtung der Leerlaufdrehzahl abgesenkt. Beides führt zu einem deutlichen Anstieg der Drehungleichförmigkeit des Verbrennungsmotors. Um weiterhin ein komfortables brummfrees Fahren zu ermöglichen und den Antriebsstrang vor schädlichen Schwingungen zu schützen, ist eine effektive Schwingungsisolierung notwendig.

Eine optimale Drehschwingungsisolierung wird mit leistungsfähigen ZMS-Ausführungen von ZF erreicht.

Die Technik:

Das Zweimassenschwungrad ist zusammen mit Druckplatte und Kupplungsscheibe zwischen Motor und Getriebe verbaut. Das ZMS sowie der MTD bestehen aus einer Primär- und einer Sekundärseite. Primär- und Sekundärseite sind über einen fettgeschmierten Federsatz verbunden. Die Primärseite ist drehfest an die Kurbelwelle angeflanscht und trägt den Starterzahnkranz. Primär- und Sekundärseite sind zueinander verdrehbar gelagert. Der Federsatz ermöglicht durch seinen modularen Aufbau eine flexible und optimale Kennliniengestaltung. Er besteht aus Druckfedern und Druckfederführungselementen. Die Druckfederführungselemente sind aus leistungsfähigem Kunststoff

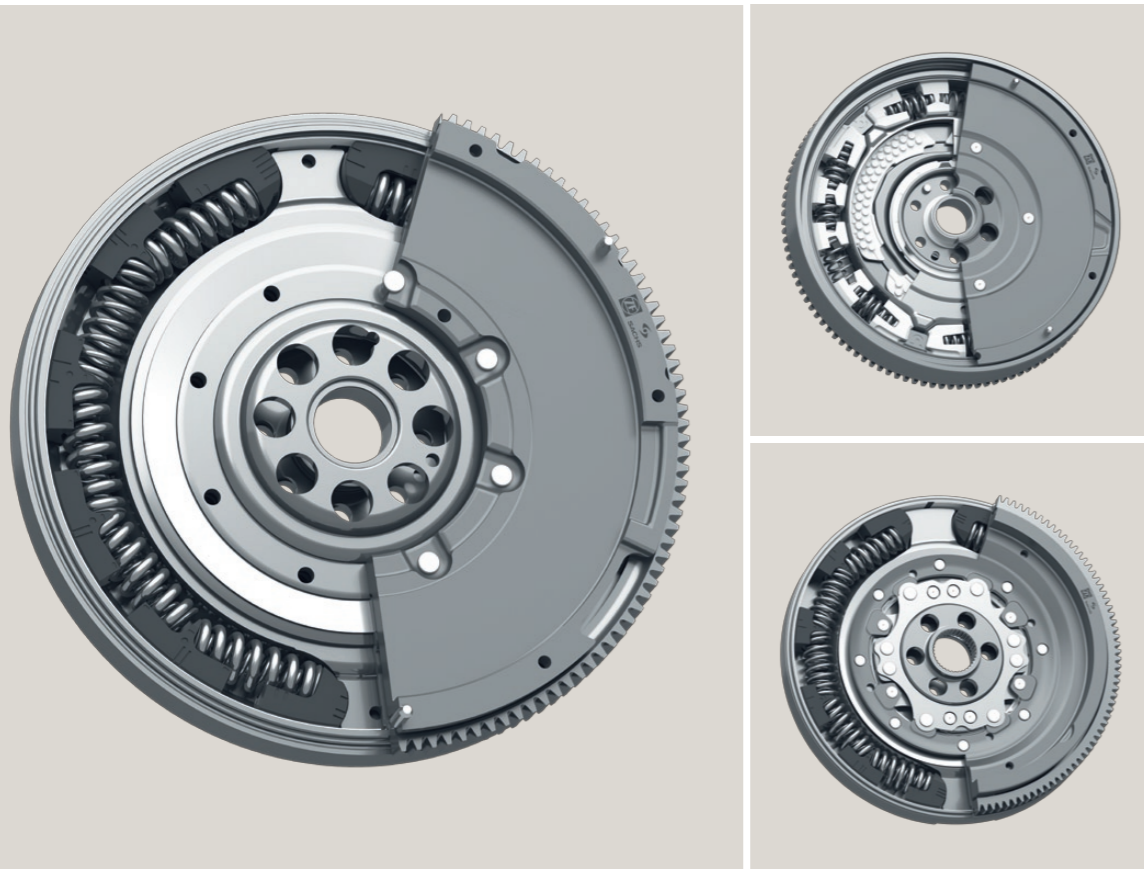
gefertigt. Die anwendungsspezifischen Eigenschaften der Kunststoffe aus Polyamid werden durch eine angepasste Compounding eingestellt.

Alle ZMS von ZF besitzen eine mehrstufige Verdrehkennlinie. Hierfür werden Druckfedern mit unterschiedlicher Steifigkeit und Anzahl kombiniert. Die weiche, erste Stufe sorgt für exzellentes Motorstart- und Motorstopverhalten. Mit den nachfolgenden härteren Stufen wird eine gute Drehschwingungsentkopplung und ein Überlastungsschutz im Fahrbetrieb erreicht. Eine weitere Verbesserung der Drehschwin-

gungsisolierung wird durch ein ZMS mit zweireihigem Federsatz erreicht. Dem äußeren Federsatz ist radial innen ein zusätzlicher Federsatz nachgeschaltet. Dadurch wird die Verdrehsteifigkeit des ZMS deutlich abgesenkt. Die Druckfedern des Innendämpfers arbeiten sowohl bei hoher Motordrehzahl als auch bei hohem Motormoment reibungsarm. Durch ein ZMS mit drehzahladaptiven Tilger (DAT) wird eine exzellente Drehschwingungsisolierung erreicht. Der DAT wirkt auf der ZMS-Sekundärseite und befindet sich innerhalb des außenliegenden Federsatzes. Der DAT schwingt der nach dem ZMS-Federsatz vorhandenen Rest-Drehungleichförmigkeit entgegen. Die vorhandenen Drehschwingungsamplituden werden nahezu ausgelöscht. Aufgrund dieser nachgeschalteten Schwingungstilgung kann schon ab Leerlaufdrehzahl ohne lästige Geräusche mit hoher Last gefahren werden.

Einreihiges ZMS

Für kleine und mittlere Motoren bis 400 Nm.
Gerade Druckfedern. Mehrstufige Kennlinie.

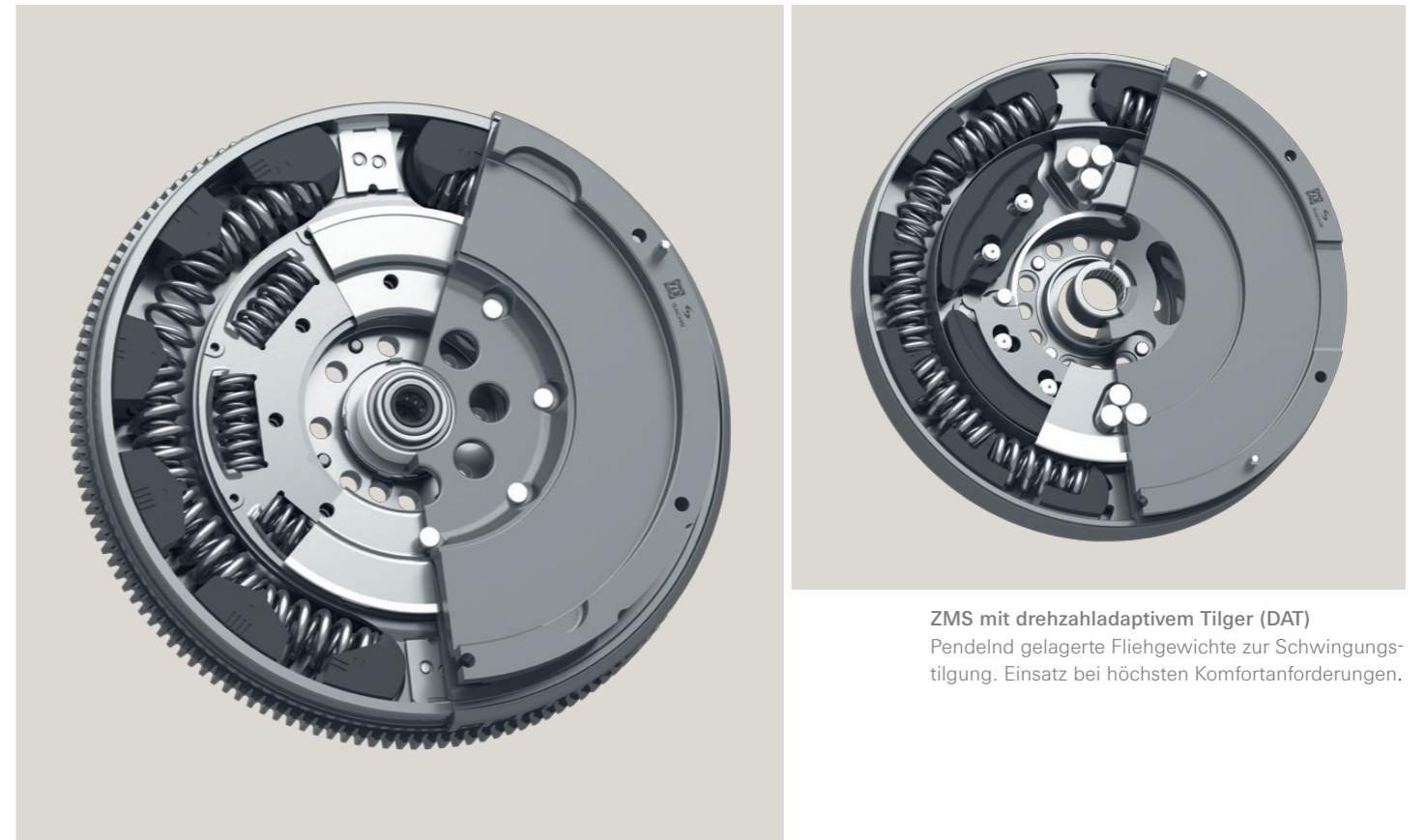


Mechanischer Torsionsdämpfer
Für kleine und mittlere Motoren bis 350 Nm.
Zusatzreibeinrichtung mit geschwindigkeitsproportionaler Wirkung.

ZMS-TD mit direktem Abtrieb
Applikation für CVT-, Doppelkupplungs- und Hybridgetriebe.

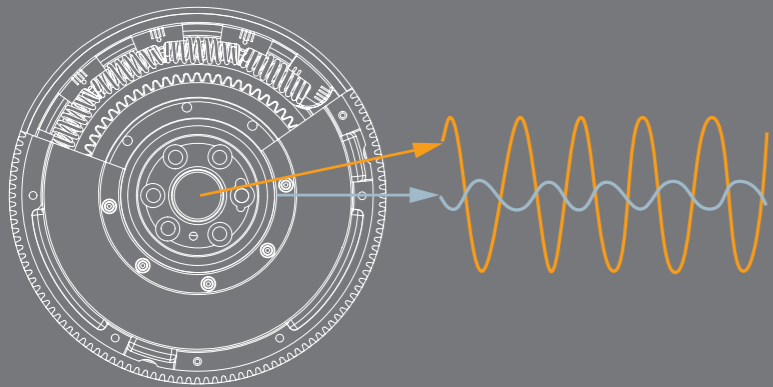
Zweireihiges ZMS

Für mittlere und große Motoren > 350 Nm.
Zusätzlicher Innendämpfer für hohen Fahrkomfort.



ZMS mit drehzahladaptivem Tilger (DAT)
Pendelnd gelagerte Fliehgewichte zur Schwingungstilgung. Einsatz bei höchsten Komfortanforderungen.

Das ZMS auf einen Blick

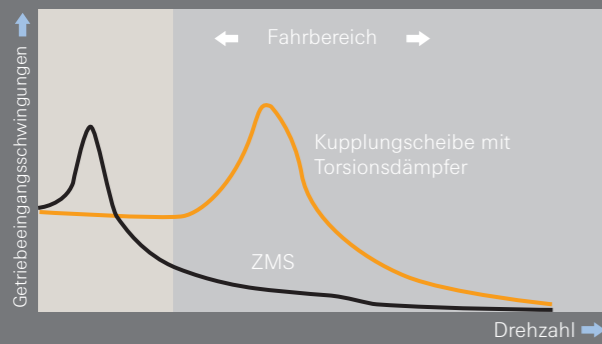


Die Drehmasse des Schwungrades wird in eine Primär- und eine Sekundärmasse aufgeteilt. In Verbindung mit dem Federsatz wird eine gute Drehschwingungsisolierung erreicht.

Pluspunkte

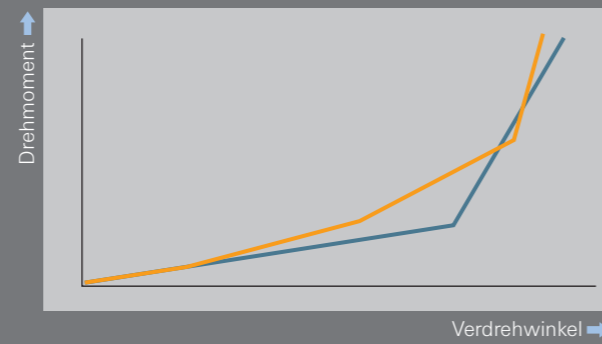
- Hoher Geräuschkomfort
- Hoher Schaltkomfort
- Hervorragende Schwingungsentkopplung über den gesamten Drehzahlbereich
- Gute Abstimmbarkeit auf das Fahrzeugkonzept
- Problemloses Start-Stopp-Verhalten
- Lange Lebensdauer
- Geringer Bauraumbedarf
- Gezogene und gedrückte Kupplungsbetätigung möglich
- Reduktion des Kraftstoffverbrauchs, da niedertouriger gefahren werden kann

Vergleich Kupplungsscheibe und ZMS



Während sich die Resonanzdrehzahl mit dem Torsionsdämpfer in der Kupplungsscheibe im unteren Betriebsdrehzahlbereich befindet, liegt sie beim Zweimassenschwungrad deutlich unterhalb der Leerlaufdrehzahl des Motors.

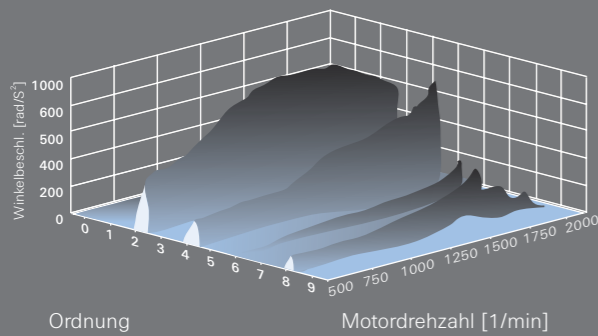
Zwei- und dreistufige Kennlinie ZMS



Eine typische ZMS-Kennlinie: Sie besteht aus einer weichen ersten Stufe, gefolgt von deutlich härteren Stufen. Die Auslegung der ersten Stufe erfolgt mit einer möglichst geringen Steifigkeit, um eine niedrige Eigenfrequenz des ZMS zu erreichen.

Vergleich Schwingungsdämpfung

Kupplungsscheibe mit Torsionsdämpfer



Zweimassenschwungrad

