

27

Trennkupplung für Allradantriebe

Brian Lee



Einführung

Fahrzeuge mit Allradantrieb erfreuen sich aufgrund ihrer Vorteile hinsichtlich Sicherheit und Leistungsfähigkeit nach wie vor weltweit großer Beliebtheit. Es ist daher notwendig, den Kraftstoffverbrauch von Allradantrieben wie bei konventionellen Fahrzeugen zu reduzieren. Die zusätzlichen, drehenden Bauteile eröffnen neue Möglichkeiten, um Verluste zu vermeiden. Durch die Trennung der sekundären Antriebsachse und der Antriebswelle werden Drehverluste in den Lagern und Dichtungen vermieden. Mit einem derartigen System kann der Kraftstoffverbrauch eines normalen PKW um über 5 % reduziert werden. Das System kann in einem konventionellen Allrad-Antriebsstrang oder in Anwendungen mit begrenztem Bauraum integriert werden. Durch Einbau des Schaeffler Leichtbaudifferenzials in den Automatiktrieb konnten Bauraum- und Kosteneinsparungen erreicht werden, die die Verwendung einer Trennkupplung ermöglichen.

Der grundlegende Aufbau dieses Systems ist in Bild 1 dargestellt. Fahrzeuge mit Allradantrieb haben normalerweise permanent angetriebene Vorder- und Hinterachsen, die über Tellerradstufen im 90-Grad-Winkel im vorderen Nebenachsabtrieb und dem hinteren Differenzial verbunden sind. Im normalen Fahrbetrieb bei griffigen Straßenverhält-

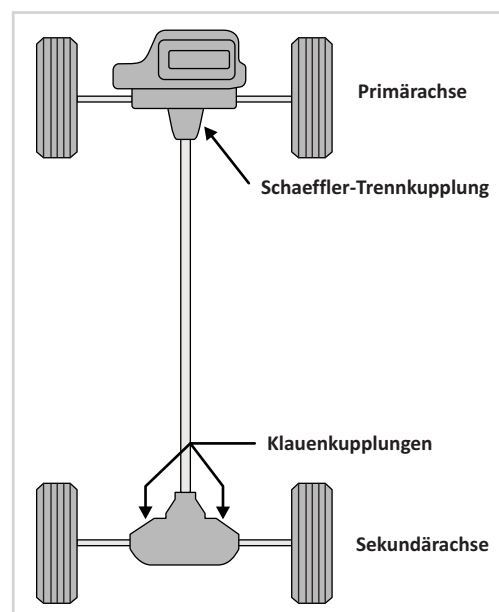


Bild 1 Typischer Aufbau eines Allrad-Antriebsstrangs

nissen dreht sich die Sekundärachse (normalerweise die Hinterachse), steuert jedoch keine Leistung zum Antrieb oder zur Steuerung des Fahrzeugs bei. Ein beträchtlicher Anteil der Energie geht daher aufgrund von Reibung in diesen Antriebssträngen verloren.

Systembeschreibung

Die Schaeffler Trennkupplung für Allradantriebe ist in der Eingangswelle des Nebenachsabtriebes integriert. Dadurch kann der Leistungsfluss an der Stelle getrennt werden, wo der Antriebsstrang der Sekundärachse von dem der Primärachse abzweigt. In Verbindung mit Hinterachstrennkupplungen wie z. B. einfachen Klauenkupplungen ist es möglich, die Drehung des Sekundärtriebsstrangs zu stoppen und parasitäre Leistungsverluste zu vermeiden. Ein elektronisches Steuermodul, das die unterschiedlichen Fahrbedingungen vorausschauend überwacht, stellt die Verbindung mit dem Leistungsfluss wieder her. Das System kann innerhalb von 500 ms betätigt werden.

Die Trennkupplung (Bild 2) besteht aus einem Dreikonus-Synchronisationspaket mit hohem Drehmoment, das über einen elektromotorischen Ram-

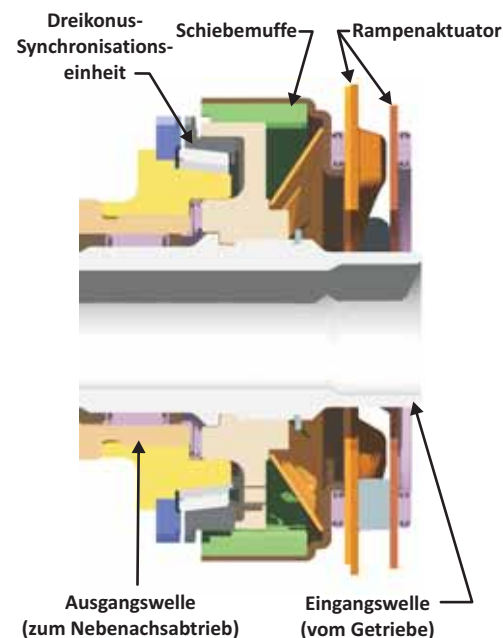


Bild 2 Querschnitte von Aktuator und Synchronisation

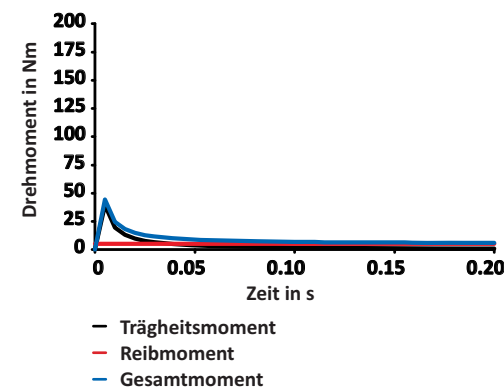
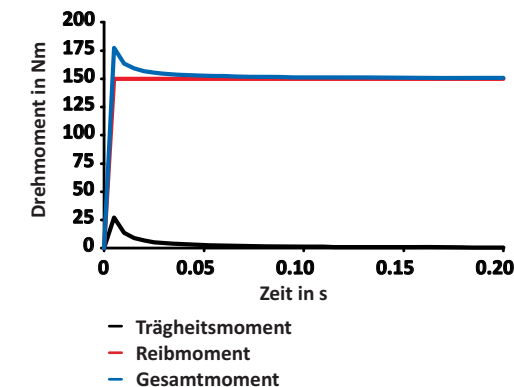


Bild 3 Synchronisationsmomente und -zeiten bei einem Schaltgetriebe (links) und Allradantrieb (rechts)



penaktor gesteuert wird. Der Elektromotor ist mit einem kraftverstärkenden Rollen-Rampen-System gekoppelt, mit dem die mehreren Tausend Newton Schaltkraft erzeugt werden können, die für die Synchronisation der Antriebsstranggeschwindigkeiten notwendig sind. Der Schaltmechanismus ist radial um die Antriebswelle angeordnet, wodurch eine sekundäre Schaltschienenachse entfallen kann. Diese einzigartige Anordnung ermöglicht eine optimale Nutzung des Bauraums und leistungsstarke Synchronisationsvorgänge.

Während bei der Auslegung auf bewährte Systeme und Materialien zurückgegriffen werden kann, müssen die Synchronisationsgleichungen im Hinblick auf die Dynamik von Allradantrieben neu geprüft werden. Die Auslegung der Synchronisation wird von den Leistungsgrenzen der ausgewählten Materialien bestimmt. Die Synchronisationsleistung kann durch die folgende Gleichung definiert werden. I ist das Trägheitsmoment des Antriebsstrangs, ω die Differenzgeschwindigkeit, t_{Synch} die Synchronisationszeit und T_{Reib} das Reibmoment für die Drehung des Sekundärtriebsstrangs.

$$P = \frac{I \cdot \omega^2}{t_{Synch}} + (T_{Reib} \cdot \omega)$$

Die Leistungsgleichung kann leicht in zwei Komponenten zerlegt werden. Die eine Komponente wird von Trägheitslasten, die andere von Reiblasten beeinflusst. Bei einem typischen Schaltvorgang eines Schaltgetriebes ist der Leistungsbeitrag der Trägheitslasten etwa zehnmals größer als der der Reiblasten. Werden hohe Differenzgeschwindigkeiten in sehr kurzer Zeit synchronisiert, entstehen hohe Trägheitslasten. Gut geschmierte Getriebe-

ger gewährleisten dabei ein dauerhaft niedriges Reibmoment.

Betrachtet man die Komponenten der Leistungsgleichung in der Allradantriebanwendung, so wird ersichtlich, dass sich der Beitrag der einzelnen Komponenten umkehrt. Dies ist insbesondere bei kalten Temperaturen der Fall, wenn die Reibung extrem ansteigt. Bei einem Schaltvorgang eines Allradantriebs bei kalter Temperatur ist die Reibungskomponente deutlich größer als die Trägheitskomponente.

Kürzt man den Geschwindigkeitsparameter aus der Leistungsgleichung heraus, so erhält man die Gleichung für das Synchronisationsmoment.

$$t_{Synch} = \frac{I \cdot \omega}{T_{Synch}} + T_{Reib}$$

Bild 3 zeigt den Einfluss der einzelnen Momentenkomponenten in einem Schaltgetriebe im Vergleich zu einem Synchronisationsvorgang eines Allradantriebs. Die blaue Kurve zeigt das Gesamt-Synchronisationsmoment, die schwarze Kurve die Trägheitskomponente und die rote Kurve die Reibungskomponente. Es ist deutlich erkennbar, dass das Moment in der Trennkupplung des Allradantriebs höher ist, während die Leistungsgrenzen der Schaltgetriebesynchronisation noch nicht überschritten sind.

Die Synchronisation eines Allradantriebs benötigt ein deutlich höheres Drehmoment als der Schaltvorgang eines Schaltgetriebes und muss während des gesamten Schaltvorgangs aufrechterhalten werden. Diese Anforderungen bestimmen die besondere Auslegung des Schaltbetätigungssystems.

Die Auslegung einer herkömmlichen Schaltung mit Schaltschiene, Schaltgabel und Belägen ist für diese Bedingungen ungeeignet. Hohe Lasten, die über die Schaltgabel auf die sekundäre Schaltschieneachse übertragen werden, erzeugen überhöhte Biegemomente und können bei den Bauteilen Gleit-, Ermüdungs- und Verschleißprobleme verursachen.

In der Schaeffler Trennkupplung entfällt die sekundäre Achse von Schaltstange und Schaltgabel und wird durch einen coaxialen Rampenaktuator ersetzt. Diese Einheit besteht aus einer Eingangsscheibe mit Rampen, einer Ausgangsscheibe mit Rampen und einem Rollenkranz zwischen den beiden Scheiben. Die Eingangsscheibe ist über einen Zahnradkette mit dem elektrischen Rampenaktuatormotor verbunden und in der Lage, um die Hauptachse der Eingangswelle des Nebenabtriebs zu drehen. Die Ausgangsscheibe ist mittels Laschen am Außendurchmesser drehfest mit dem Aluminiumgehäuse der PTU verbunden, kann sich jedoch coaxial entlang der Hauptachse der Welle bewegen. Bei drehender Eingangsscheibe bewegen sich die Rollen entlang der Rampen nach oben und bewirken eine Axialbewegung der Ausgangsscheibe. Die Ausgangsscheibe ist mit der Schiebemuffe der Synchronisation verbunden. Dadurch bringt der Rampenaktuator über die Schiebemuffe eine Kraft auf die Synchronisationseinheit auf. Auf diese Weise wird das relativ niedrige Drehmoment des Elektromotors erhöht, um eine ausreichende Kraft für die Synchronisation der Drehmomente des Allradantriebs zu erzeugen. Im ersten Schritt werden die Geschwindigkeiten der Teile synchronisiert. Sobald die Teile synchron sind, werden sie durch die Verzahnung der Scheibemuffe gekoppelt (Bild 4).

Zusätzlich ermöglicht die coaxiale Positionierung des Aktuators eine hohe Systemsteifigkeit und reduziert damit die Ausfallwahrscheinlichkeit des Schaltsystems. Letztlich wird mit der coaxialen Anordnung ein sehr kompaktes Schaltsystem erreicht, mit dem Platzprobleme im Motorraum minimiert werden können.

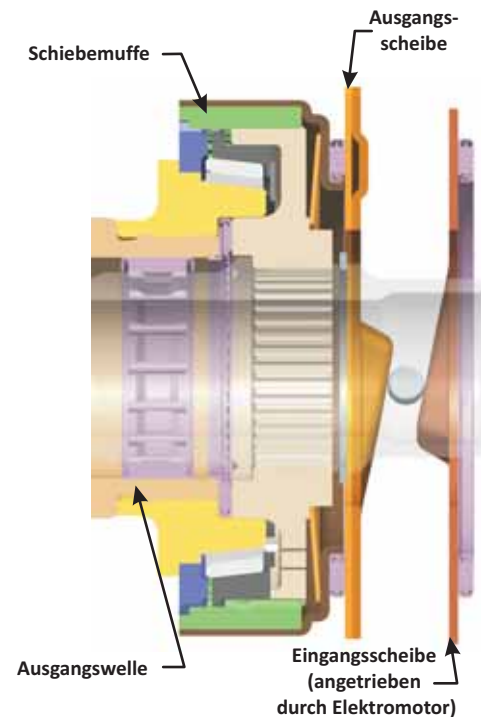


Bild 4 Betätigte Trennkupplung für Allradantriebe

Schlussfolgerung

Die Trennkupplung für Allradantriebe besteht aus bekannten und zuverlässigen Bauteilen und ist radial um die Welle des Nebenabtriebs angeordnet. Sie wird durch einen coaxialen, elektromotorisch angetriebenen Rampenaktuator betätigt. Der Betätigungsmechanismus ist speziell für hohe Betriebskräfte ausgelegt. Durch die Trennung der Sekundärachse eines Allrad-Antriebsstrangs werden die Reibungsverluste erheblich gesenkt und somit der Kraftstoffverbrauch deutlich reduziert. Im Extremfall wird die zweite Achse innerhalb von 500 ms betätigt. Das System bietet ein Kraftstoffeinsparpotenzial von etwa 5 %. Damit kann ein Fahrzeug mit Allradantrieb einen ähnlichen Kraftstoffverbrauch wie ein Basisfahrzeug mit Frontantrieb erreichen, ohne dass das Fahrverhalten beeinträchtigt wird.