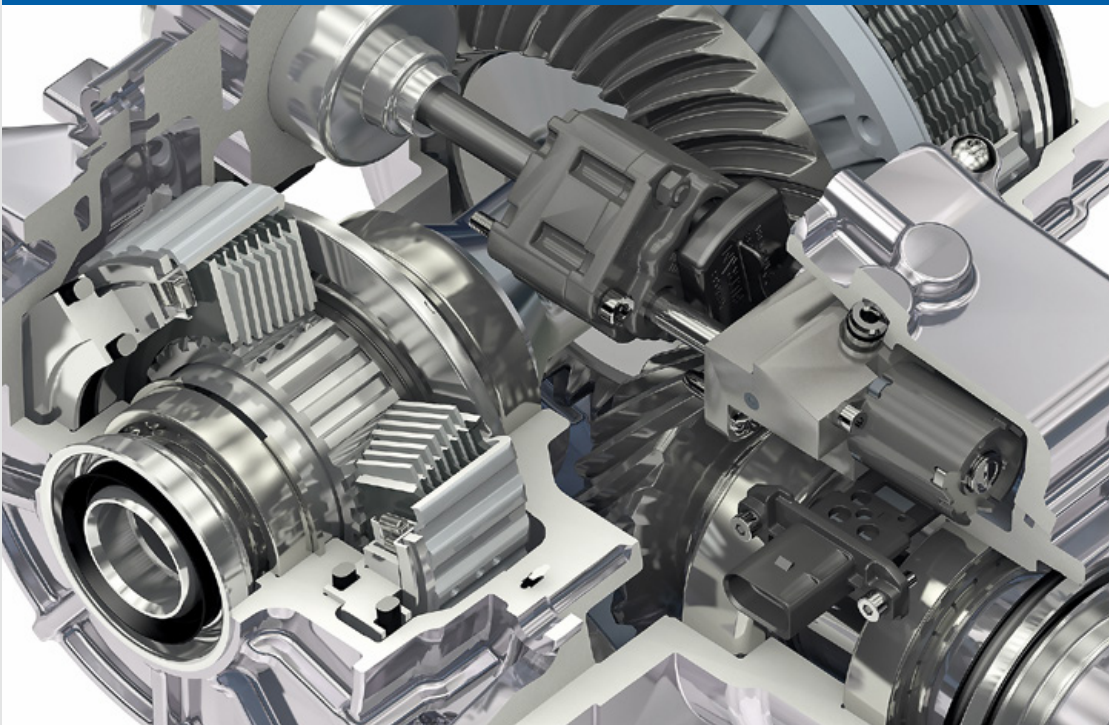


Krafthand-Technik

Moderne Allradssysteme



Technik, Komponenten, E-Antriebe

Florian Drechsler

Krafthand Medien GmbH

ISBN 978-3-87441-172-1

Florian Drechsler

Moderne Allradsysteme

Technik, Komponenten, E-Antriebe

KRAFTHAND Medien

Krafthand Medien GmbH
Bad Wörishofen



Bibliografische Informationen der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://www.portal.dnb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-87441-172-1

1. Auflage, September 2019

Autor: Florian Drechsler

Realisierung/Lektorat: Georg Blenk

Titelgestaltung/Layout: Martin Dörfler

Titelbild: GKN Automotive Limited

Bilder/Grafiken: Audi AG, BMW AG, Georg Blenk, Borg Warner Inc., Robert Bosch GmbH, Daimler AG, Florian Drechsler, Ford Werke GmbH, Ferrari SpA, GKN Automotive Limited, Hanna Instruments Deutschland GmbH, Dr. Christian Meißner, MAN AG, Mitsubishi-Motors-Automobile GmbH, Jaguar Land Rover Limited, Jensen Museum, Kfz-Tech.de, Automobili Lamborghini S.p.A., Opel Automobile GmbH, Porsche AG, Spyker Limited, Schaeffler Technologies AG & Co. KG, Subaru Deutschland GmbH, Tesla Germany GmbH, Volkswagen AG, Volvo Car Germany GmbH, Yamaha Deutschland GmbH, ZF Friedrichshafen AG

Druck und Buchbinderische Verarbeitung: Memminger MedienCentrum, Memmingen
Printed in Germany

Alle Rechte vorbehalten

© Krafthand Medien GmbH

Walter-Schulz-Straße 1 · 86825 Bad Wörishofen

Telefon (08247) 3007-0 · Telefax (08247) 3007-70

info@krafthand.de · www.krafthand-medien.de

Geschäftsleitung: Gottfried Karpstein, Andreas Hohenleitner, Steffen Karpstein

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne die Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeisung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

*Bild- und Grafikmaterial – insbesondere grafische Darstellungen – welches nicht gesondert mit einem Quellverweis versehen ist, ist dem Autor Florian Drechsler zuzuordnen.

Sämtliche Ausführungen in dieser Publikation beziehen sich grundsätzlich sowohl auf die weibliche als auch auf die männliche Form. Zur besseren Lesbarkeit wurde meist auf die zusätzliche Bezeichnung in weiblicher Form verzichtet.

Inhalt

Vorwort	7
1. Entwicklungsgeschichte der Allradtechnologie	9
2. Allradsysteme – Grundlagen.....	16
2.1 Fahrphysikalische Eigenschaften.....	16
2.2 Der Antriebsstrang.....	21
2.3 Systemvarianten	24
3. Die Kraftverteilung – Einzelkomponenten	26
3.1 Differenziale.....	26
3.3 Das Achsgetriebe	30
3.4 Das Verteilergetriebe	31
3.5 Torque-Vectoring	31
3.6 Unter- und Übersetzung.....	34
4. Getriebebasierte Allradsysteme	35
4.1 Allradantrieb mit Planetenradsatz – DDU.....	35
4.2 Allradantrieb mit Torsen-Differenzial.....	36
4.2.1 Das Torsen-A-Differenzial.....	37
4.2.2 Das Torsen-B-Differenzial	40
4.2.3 Das Torsen-C-Differenzial.....	42
4.3 Allradantrieb mit Kronenrad-Differenzial	43
4.4 Das DCCD-System von Subaru.....	45
4.5 Allradantrieb 4MATIC von Daimler.....	47
5. Kupplungsbasierte Allradsysteme	50
5.1 Allradantrieb mit Visco-Kupplung.....	50
5.1.1 Visco-Kupplung am Hinterachsgetriebe	53
5.1.2 Visco-Kupplung am Vorderachsgetriebe	54
5.1.3 Visco-Kupplung im Mittendifferenzial.....	55
5.2 Allradantrieb mit Lamellenkupplung	56
5.2.1 Die Haldex-Kupplung.....	57
5.2.2 Mercedes-Benz 4MATIC mit quer eingebautem Motor.....	65

6. Zuschaltbare Allradantriebe (kupplungsbasiert)	69
6.1 BMW xDrive-Verteilergetriebe mit Lamellenkupplung	69
6.2 Mercedes-Benz 4MATIC mit längs eingebautem Motor	71
6.3 Audi Quattro mit Ultra-Technologie	72
6.4 Allradantrieb mit manuell betätigter Kupplung	75
7. Sondervarianten von Allradsystemen	76
7.1 Mercedes-Benz 4MATIC mit 4ETS	76
7.2 MAN HydroDrive (Lkw)	77
7.3 Ferrari FF mit Allradantrieb	79
7.4 Das Audi Sportdifferenzial – Torque-Vectoring	82
8. Diagnose an Allradsystemen	87
8.1 Diagnosetipps.....	89
9. Allradanwendungen: Hybridantriebe, Elektrofahrzeuge	95
9.1 Der Allradantrieb beim Porsche 919 Hybrid.....	95
9.2 Die E-Achse von Schaeffler	97
9.3 Die E-Achse von Bosch.....	98
9.4 Der elektrische Achsantrieb von ZF	100
9.5 Der elektrische Antriebsstrang des Audi E-Tron, Quattro	101
9.6 BMW – Power BEV mit drei E-Maschinen.....	103
9.7 Der Mercedes EQC 400	105
9.8 Der Griff zu den Sternen: Der Audi Lunar Quattro	105
10. Der Autor	107
Stichwortverzeichnis	109

Vorwort

Die rasante Entwicklung der Fahrzeugtechnik betrifft alle Baugruppen eines Automobils. Es gibt keinen Bereich mehr, in dem nicht nach einer Optimierung gesucht wird. Der Begriff Optimierung bedeutet vor allem das Einsparen von Rohstoffen und Treibstoff. Wo ist am besten der eine Milliliter Kraftstoff zu sparen, um umweltschonend unterwegs zu sein? Das Schlagwort lautet Effizienz.

Auf der anderen Seite fordern die internationalen Märkte leistungsstarke Fahrzeuge, die auf jedem Terrain sicher zu bewegen sind. An dieser Stelle beginnt der Spagat. Es sind Technologien gefordert die beide Ansprüche erfüllen. Einen großen Beitrag zur Sicherheit, Effizienz und Agilität eines Fahrzeugs leistet der Allrad-Antrieb. In Hinblick auf die anwachsende Hybridisierung von Fahrzeugen kommt dem Allrad zudem eine neue Rolle zu.

Der Kfz-Profi im Service-Betrieb muss mit den neuen Entwicklungen, speziell was den Antriebsstrang betrifft, mithalten. Das A und O im Werkstattalltag ist die Kunst sich ständig mit neuen Technologien anzufreunden. Ohne fundierte Kenntnisse ist eine gezielte Diagnose und Fahrzeugreparatur nicht möglich.

Die nachfolgenden Ausführungen zum Thema Allradantriebe dienen der Absicherung des technischen Basiswissens sowie der Erlangung weiterführender Kenntnisse. Der Fokus liegt auf den Grundlagen einzelner Allradsysteme und mündet in die fachgerechte Diagnose. Ein Blick auf Sondervarianten ist dabei genauso notwendig wie der exemplarische Ausblick auf zukünftige Antriebstechnologien in Zusammenhang mit dem Allradantrieb.

Ich wünsche Ihnen viel Freude und Erkenntnisgewinn bei der Lektüre!



Florian Drechsler

3. Die Kraftverteilung – Einzelkomponenten

Die Antriebseinheit eines Allradfahrzeugs besteht aus einzelnen, zentralen Komponenten. Die wichtigsten Baugruppen, die für die Kraftübertragung und das Gesamtverständnis ‚Allrad‘ verantwortlich sind, beschreibt dieses Kapitel.

3.1 Differenziale

Ein Differenzial ist ein Ausgleichsgetriebe, das zwischen zwei Rädern einer Achse angeordnet ist. Als offenes Differenzial gleicht es die Drehzahldifferenz aus und sorgt für eine homogene Vortriebskraft. Eine kontrollierte Kurvenfahrt wird so erst möglich. Der Grund: Das kurveninnere Rad dreht sich langsamer als das kurvenäußere, da es einen kürzeren Weg zurücklegen muss. Im Zusammenhang mit dem Differenzial spricht man auch häufig von Achsdifferenzial oder auch (fälschlicherweise) von Achsgetriebe.

Geschlossene (oder gesperrte) Differenziale nennt man auch Sperrdifferenziale. Sie kommen meist bei Geländefahrzeugen zum Einsatz, wo es gewünscht sein kann, dass kein Drehzahlausgleich stattfindet.

Bei Allradfahrzeugen kommt zusätzlich zwischen den Achsen eines Fahrzeuges ein weiteres Differenzial zum Einsatz. Das so-

genannte Zentral- oder Längsdifferenzial verteilt die Antriebsleistung homogen auf die jeweiligen Achsen. Ein Allradfahrzeug besitzt also im Regelfall zwei Achsdifferenziale und ein Zentralfdifferenzial.

Kegelrad-Differenziale

Ein Kegelrad-Differenzial besteht aus einem Differenzialkorb der fest mit einem Tellerrad verbunden ist. In diesem Korb befinden sich die Ausgleichskegelräder, mit drehbar gelagerten Achsen. Die Lagerung der Achsen ist im Korbgehäuse realisiert. Ebenso sind die Antriebskegelräder, die drehfest mit den Antriebswellen der Räder verbunden sind, im Differenzialkorb integriert. Das Antriebsmoment gelangt über das Tellerrad auf den Differenzialkorb. Über die Achsen der Ausgleichskegelräder werden die Antriebskegelräder angetrieben und geben das Drehmoment an die Antriebswellen weiter. Die Momentenverteilung erfolgt 50:50. Bei Geradeausfahrt drehen sich die Ausgleichskegelräder nicht, sie dienen quasi als ‚Mitnehmer‘.

Bei einer Kurvenfahrt werden die Antriebskegelräder mit unterschiedlichen Drehzahlen angetrieben. Das kurvenäußere Rad muss aufgrund des längeren Weges schneller drehen als das kurveninnere.

Der dafür notwendige Drehzahlausgleich ist durch die Drehbewegung der Ausgleichskegelräder um die eigene Achse gegeben.

Wenn ein Rad die Haftung verliert und durchdreht, wird kein Antriebsmoment über das andere, noch stehende Rad übertragen. Die Ausgleichskegelräder stützen sich quasi an dem feststehenden Antriebskegelrad ab. Das komplette Antriebsmoment gelangt zum durchdrehenden Rad.

Mit dem Kegelradprinzip lassen sich auch Sperrdifferenziale realisieren. Beispielsweise können Reibungskupplungen eine dynamische Sperrwirkung proportional zum Drehmoment der Antriebs- oder Kardanwelle erzeugen. Die Sperrwirkung wird mit dem TBR-Wert (Torque Bias Ratio) und dem Sperrwert S beschrieben.



3.0 *Klassisches, offenes Kegelrad-Differenzial. Es benötigt relativ viel Bauraum. Bild: Schaeffler Technologies AG & Co. KG*

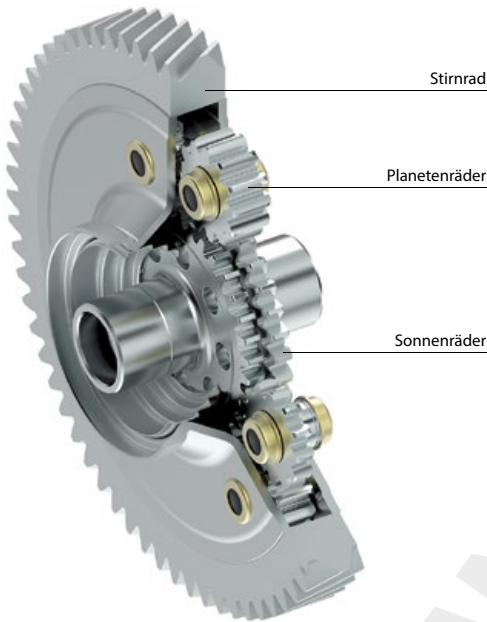


3.7 *Kegelradanordnung bei einem mechanischen Hinterachs-Sperrdifferenzial eines Mercedes-AMG SLC 43. Bei Drehzahlunterschieden an den Hinterrädern wird das Drehmoment auf das Rad mit der besseren Bodenhaftung verteilt, um das Durchdrehen zu vermindern. Bild: Daimler AG*

Stirnrad-Differenziale

Die Ausgleichsräder sind beim Stirnrad-Differenzial (Parallelachsdifferenzial) als sogenannte Stirnräder ausgeführt. Die Achsen der beteiligten Zahnräder verlaufen parallel. In Allradfahrzeugen kommen Stirnraddifferenziale häufig als Zentralfdifferenziale zum Einsatz. Es existieren drei Varianten von Stirndifferenzialen je nach dem wo der Eingriff der Antriebsseite und der Abtriebsseite platziert ist. Unser Beispiel zeigt ein Stirnrad-Differenzial mit Antriebsstirnrad. Weitere Varianten sind Stirnrad-Differenzial mit An- und Abtrieb über zwei Sonnenräder und Stirnrad-Dif-

3 Die Kraftverteilung – Einzelkomponenten

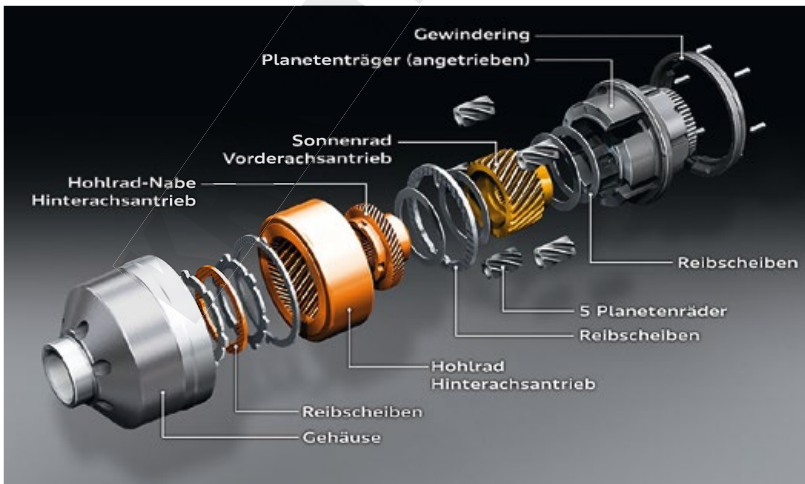


ferenziale mit An- und Abtrieb über ein Sonnenrad und den Planetenträger.

Unser Beispiel (Bild 3.2) zeigt ein Stirnrad-Differenzial mit Antriebsstirnrad. Das Antriebsstirnrad kämmt innenseitig mit den Planetenrädern, die sich wiederum auf Sonnenrädern abkämmt. Jede Antriebsseite verfügt neben einem eigenen Sonnenrad auch über eigene Planetenräder. Die Sonnenräder sind dabei drehfest mit der entsprechenden Abtriebswelle verbunden. Die Planetenräder dienen sowohl zum Antrieb als auch zum Ausgleich. Insgesamt kommen drei Planetenradpaare zum Einsatz. Von einem Planetenradpaar greift ein Planetenrad in das Sonnenrad der linken Antriebswelle, das andere in das Sonnenrad der rechten Abtriebswelle.

3.2 Stirnrad-Differenzial mit Antriebsstirnrad.

Bild: Schaeffler Technologies AG & Co. KG



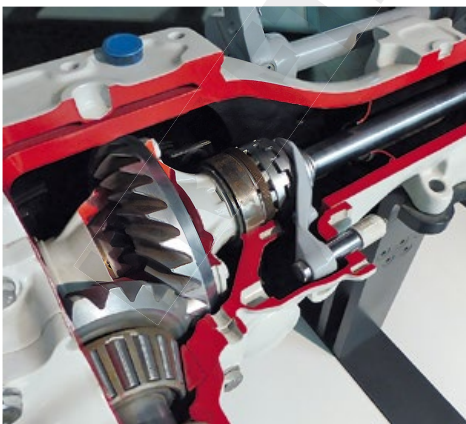
3.3 Selbstsperrendes Mitten-Differenzial.

Bild: Audi AG

Sperrdifferenziale (geschlossen)

Geschlossene Differenziale werden auch Sperrdifferenziale genannt. Die beiden Ausgangsachsen des Differenzials können durch Schalten starr und kraftschlüssig aneinander gekoppelt werden. Ein Drehzahlausgleich erfolgt nicht mehr. Beide Räder drehen sich mit gleicher Geschwindigkeit. Die Antriebsachse überträgt auch bei durchdrehenden Rädern das Drehmoment. Zu beachten ist, dass dies die Kurvenfahrt deutlich beeinflussen kann. Eine Differenzialsperre wird daher nur im Gelände (bei Gelände- oder Nutzfahrzeugen) und bei langsamer Fahrt eingesetzt.

Geschlossene beziehungsweise gesperrte Differenziale existieren in unterschiedlichen Varianten. Sie können als gesperrtes Kegel- oder Stirnrad-Differenzial ausgeführt sein.



3.4 Schaltbare Differenzialsperre.
Bild: Florian Drechsler

Eine einfache Variante ist das schaltbare Differenzial. Über eine Klauenkupplung erfolgt eine formschlüssige Sperre und somit eine starre Verbindung zwischen Differenzialkorb und Antriebswelle. Der Sperrwert beträgt 100 Prozent.

Selbstsperrende und elektronisch gesteuerte Differenziale

Als komplexere Varianten gelten die sogenannten selbstsperrenden Differenziale. Sie sperren bei Drehzahlunterschieden bis zu einem fest definierten Wert eigenständig. In den nachfolgenden Kapiteln werden die selbstsperrenden Differenziale und der Einsatz bei verschiedenen Allradvarianten noch genauer thematisiert.

Bei elektronisch geschalteten Differenzialsperren kommen in den meisten Fällen Lamellenkupplungen zum Einsatz. Sie stellen eine kraftschlüssige Verbindung her und unterbinden damit einen Drehzahlausgleich.

Bei der elektronischen Differenzialsperre (EDS) wird der Drehzahlausgleich durch Bremseingriffe an den einzelnen Rädern realisiert. Neigt ein Rad einer Achse zum Durchdrehen, wird durch einen Bremseingriff das Antriebsmoment mit Hilfe eines Ausgleichsgetriebes auf das andere verteilt. Das EDS kann in Verbindung mit dem elektronischen Gaspedal auch bereits motorseitig das Drehmoment wegnehmen. Für Fahrzeuge mit einer angetriebenen Achse ist die EDS die praktikabelste Lösung. Für die Steuerung der

3 Die Kraftverteilung – Einzelkomponenten

elektronischen Differenzialsperre ist ein Steuergerät verantwortlich. Es zieht entsprechend relevante Randbedingungen wie Lenkwinkel, Drehzahl, Last oder auch eine vorgewählte, definierte Einstellung des Fahrers hinzu. Die elektronische Differenzialsperre ist Teil des ESP oder der Antischlupfregelung.

das Achsgetriebe auch für eine Umlenkung der zu übertragenden Kraft um 90°, wenn der Motor zur Fahrzeuglängsachse angeordnet ist. Bei Fahrzeugen mit Frontantrieb und quer eingebauten Motor ist ein Achsversatz vom Getriebe zu den Rädern zu berücksichtigen. Deshalb kommen neben Kegel- auch Stirnradgetriebe zum Einsatz.

3.3 Das Achsgetriebe

Das Achsgetriebe leitet das Antriebsmoment über die Antriebswellen auf die Räder. Zusätzlich zur Kraftübertragung sorgt

Info

Das Differential ist Bestandteil des Achsgetriebes.



3.5 Elektronisch gesteuerter Allradantrieb mit integriertem Vorderachsgetriebe. Bild: Porsche AG

3.6 Hinterachsgetriebe inklusive Differential des Range Rover Sport 2019. Zwei integrierte Kupplungen sorgen für die optimale Drehzahlverteilung (Torque-Vectoring). Bild: Jaguar Land Rover Limited



Bei Allradfahrzeugen kommen an der Vorder- als auch Hinterachse Achsgetriebe zum Einsatz, die in Form von Kegelrad- oder Hypoidgetrieben ausgeführt sind. Beide Bauformen sorgen für die Umlenkung der Antriebskraft als auch für den Ausgleich des Achsversatzes.

3.4 Das Verteilergetriebe

Das Verteilergetriebe hat die Funktion das Antriebsmoment, welches vom Motor über das Fahrzeuggetriebe weitergegeben wird, zu den Achsgetrieben an Vorder- sowie Hinterachse zu verteilen. Verteilergetriebe kommen also bei Allradfahrzeugen zum Einsatz. Dabei ist zwischen Verteilergetrieben ohne und Verteilergetriebe mit Differenzial zu unterscheiden.

Kraftverteilung ohne Differenzial

Bei einem Verteilergetriebe ohne Differenzial erfolgt die Übertragung des Antriebsmomentes zunächst über eine Achse. Dies ist häufig die Hinterachse. Der Fahrer kann jetzt die zweite Achse mechanisch verbinden. Aufgrund der starren Verbindung beider Achsen ist ein Drehzahlausgleich nicht möglich. Da die Drehzahlen an Vorder- und Hinterachse jedoch meist unterschiedlich sind, können Verspannungen im Antriebsstrang auftreten. Dies belastet die jeweiligen Achsgetriebe sowie den Kraftübertragungsstrang. Der falsche Einsatz von Verteilergetrieben ohne Differenzial und rein mechanischer Zuschaltung ist nur bei sehr niedrigen Geschwindigkei-

ten zu empfehlen und kann zu Schäden führen.

Verteilergetriebe mit Differenzial

Verteilergetriebe mit Differenzial vermeiden Verspannungen im Antriebsstrang. Das Differenzial sorgt für den notwendigen Drehzahlausgleich zwischen den Achsen. Der Fahrer muss das System nicht zu- oder abschalten beziehungsweise koppeln oder entkoppeln. Die Vorder- und Hinterachse können auch permanent miteinander verbunden sein.

Verteilergetriebe mit Differenzialsperre verhindern bei Durchrutschen eines Rades die komplette Kraftverteilung auf diese Achse. Die Differenzialsperre verhindert also den Drehzahlausgleich zwischen den Achsen. Sie kann entweder mechanisch oder elektronisch zugeschaltet werden.

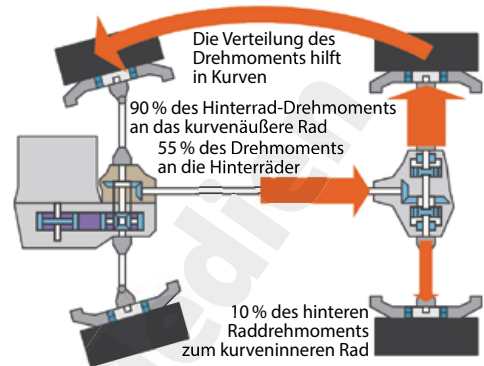
3.5 Torque-Vectoring

Der Begriff Torque-Vectoring steht für die aktive Antriebsmoment-Verteilung auf einzelne Räder. Im Prinzip ist es mit Torque-Vectoring möglich, die Räder eines Kraftfahrzeugs zusätzlich zu lenken, indem man gezielt das Antriebsmoment unterschiedlich links und rechts auf einer Achse verteilt. Der technische Ansatz basiert quasi auf der Umkehrung des Elektronischen Stabilitätsprogramms (ESP). Beim ESP werden die einzelnen Räder über einen kurzen Bremsingriff abgebremst, ein Über- oder Untersteuern soll verhindert werden.

3 Die Kraftverteilung – Einzelkomponenten



3.7 Ford-Performance-Hinterachse mit Torque-Vectoring (GKN Twinster). Zwei elektronisch gesteuerte Kupplungselemente auf jeder Seite der Heckantriebs-einheit (RDU) verwalten die vordere und hintere Drehmomentverteilung beim Ford Focus RS. Bild: GKN Automotive Limited



3.8 Funktionsweise von Torque-Vectoring in einer Linkskurve. Das Fahrzeug bleibt durch deutliche Zugabe von Drehmoment auf das hintere, äußere Rad, stabil. Bild: Ford Werke GmbH

Ein Steuergerät sorgt bei Torque-Vectoring-Systemen (Sportdifferenzial, Vector-Drive, Dynamic Performance Control), dafür, dass entweder das schnellere als auch bei Bedarf das langsamere Rad mit einem höherem Moment versorgt wird. Hinzugezogen werden Werte wie Radgeschwindigkeit, Gangstufe, Lenk- und Gierwinkel sowie die Querbeschleunigung.

Beispielsweise kann beim Einlenken in eine Kurve mehr Drehmoment an das kurvenäußere Rad gegeben werden. Das Fahrzeug untersteuert weniger und stabilisiert sich. Der Eingriff des ESP dient bei der Überschreitung fahrdynamischer Grenzen weiterhin als Sicherheitssystem für einen



3.9 Torque-Vectoring: Twinster-Variante (Hinterachse) beim Opel-Insignia 4x4 von GKN. Bild: Opel Automobile GmbH

10. Der Autor

Florian Drechsler, Jahrgang 1985, absolvierte nach dem Abitur eine Ausbildung zum Kfz-Mechatroniker. In den danach folgenden Berufsjahren sammelte er umfassende Erfahrung in verschiedenen Werkstattbetrieben. Eine nebenberufliche Ausbildung zum Kfz-Techniker-Meister ergänzte er um zahlreiche weitere fachliche Fortbildungen. Aktuell ist Florian Drechsler als Technischer Trainer Automotive tätig.

Florian Drechsler ist ebenfalls Autor der Fachbroschüre ‚Moderne Standheizungssysteme‘ sowie ‚Reifendruck-Kontrollsysteme‘. Die Publikationen sind im Krafthand-Shop (www.krafthand-shop.de) erhältlich.



Florian Drechsler

Moderne Allradsysteme

Technik, Komponenten, E-Antriebe

Das Fachbuch Moderne Allradsysteme von Florian Drechsler beschäftigt sich mit der aktuellen Allradtechnologie in Theorie und Praxis. Drechsler stellt die Grundfunktionen und die Fahrphysik, die Einzelkomponenten sowie die Ausbaustufen von getriebe- und kupplungsbasierenden Allradsystemen vor. Zusätzlich geht er im Detail auf Differenziale (Torsen), Sperreinrichtungen und Allradkupplungen (Visco, Haldex) ein.

Anhand zahlreicher Beispiele wie der Quattro-Technologie (Ultra, Sportdifferenzial) von Audi, X-Drive von BMW, 4Motion von Volkswagen oder 4Matic von Daimler, beschreibt Drechsler unterschiedliche, technische Lösungen. Hinzu kommen Systeme von Subaru, Volvo oder MAN.

Neben der technischen Einordnung der Allradsysteme, liegt ein weiterer Fokus des Buches auf der Fehler-Diagnose. Ein Fehlersuchplan unterstützt die Fehlersuche, zahlreiche Hintergrundinformationen runden das Thema ab. Ergänzend beschäftigen sich weitere Kapitel mit Torque-Vectoring, mit teilelektrischen Antrieben bei Hybridfahrzeugen sowie mit allradrelevanten Antriebslösungen bei Elektrofahrzeugen.



**Florian
Drechsler**

„Das vorliegende Buch liefert einen detaillierten, technischen Überblick über die gängigsten Allradsysteme und die angeschlossenen Einzelkomponenten. Dabei ist es einfach und verständlich aufgebaut. Ergänzt wird das Werk mit Kapiteln zu Hybrid- und vollelektrischen Anwendungen. Ein Tipp für jeden Kfz-Profi!“

Steffen Jura,
Technischer Trainer Automotive,
Steep GmbH, Magdeburg