Der Getriebeschnitt

Farbdefinitionen

- Gehäuse, Schrauben, Bolzen
- Hydraulikteile/Steuerung
- Elektronische Getriebesteuerung
- Wellen, Zahnräder
- Lamellenkupplungen
- Kolben, Drehmomentfühler
- Lager, Scheiben, Sicherungsringe
- Kunststoffe, Dichtungen, Gummi

Bestellnummer: 507.5318.01.00

Diese Abbildung kann als Poster im A0-Format zum Nettopreis von 10.00 DM über Bertelsmann Distribution bestellt werden.

Die Direktbestellung über Bertelsmann gilt nur für Deutschland.

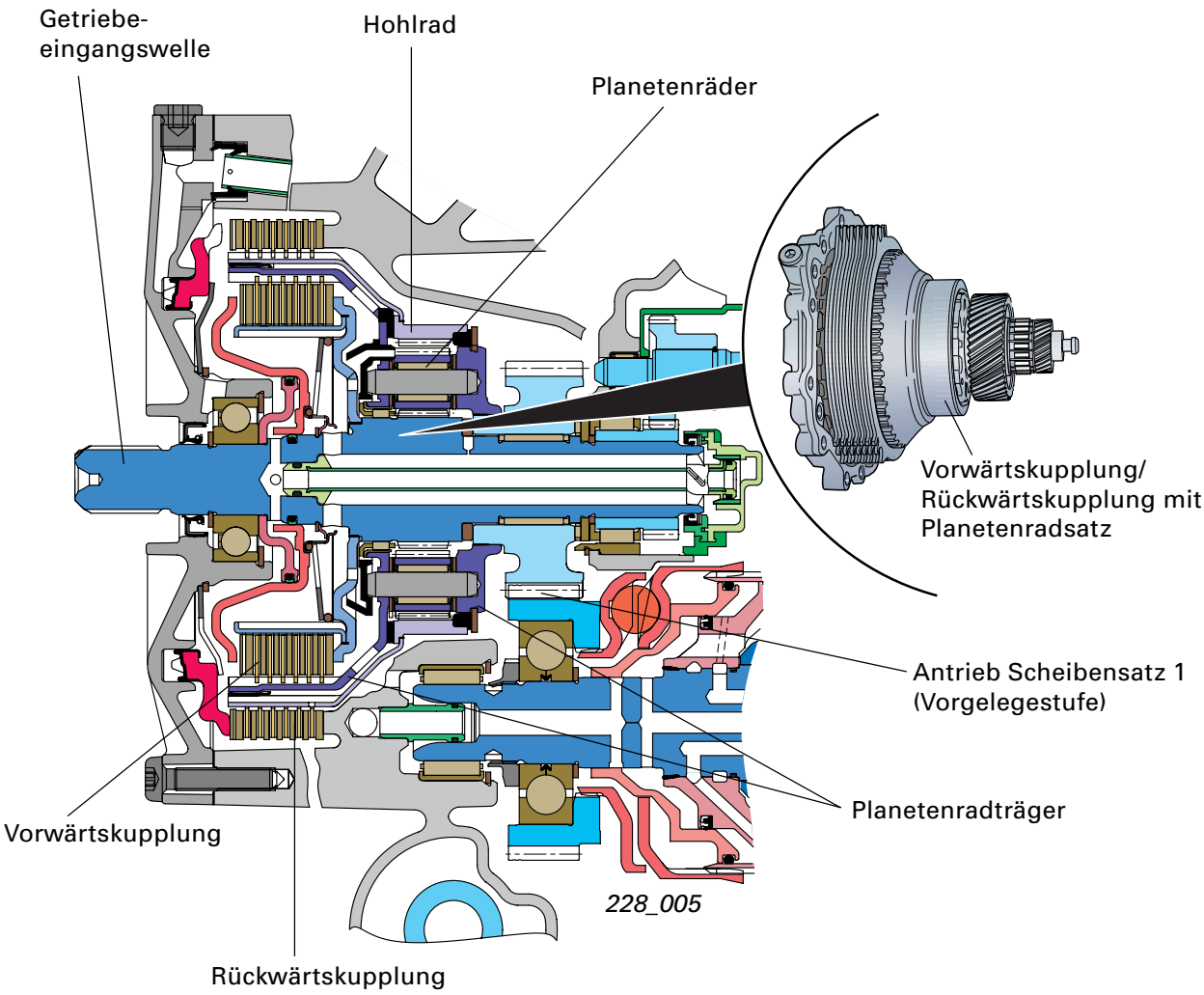
Exportmärkte wenden sich bitte an ihren Importeur.

Die Vorwärtskupplung/Rückwärtskupplung mit Planentenradsatz

Im Gegensatz zu den Stufen-Automatikgetrieben, die zur Drehmomentübertragung einen Drehmomentwandler verwenden, kommt beim CVT-Konzept von Audi jeweils eine separate Kupplung für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt zum Einsatz.
Es handelt sich hierbei um sogenannte „nasse Lamellenkupplungen“, wie sie grundsätzlich auch bei den Stufen-Automatikgetrieben zum Schalten der Gänge verwendet werden.
Sie dienen zum Anfahren und Übertragen des Drehmoments auf die Vorgelegestufe.
Der Anfahrvorgang sowie die Drehmomentübertragung werden elektronisch überwacht und elektro-hydraulisch geregelt.

Die elektronisch-hydraulisch geregelte Lamellenkupplung hat gegenüber einem Drehmomentwandler folgende Vorteile:

- Geringes Gewicht
- Geringer Bauraum
- Anpassung der Anfahrcharakteristik an die Fahrsituation
- Anpassung des Kriechmoments an die Fahrsituation
- Schutzfunktion bei Überlastung oder Mißbrauch



Der Planetenradsatz

Der Planetenradsatz ist als Planetenwendesatz ausgeführt und dient ausschließlich zur Drehrichtungsänderung für die Rückwärtsfahrt.

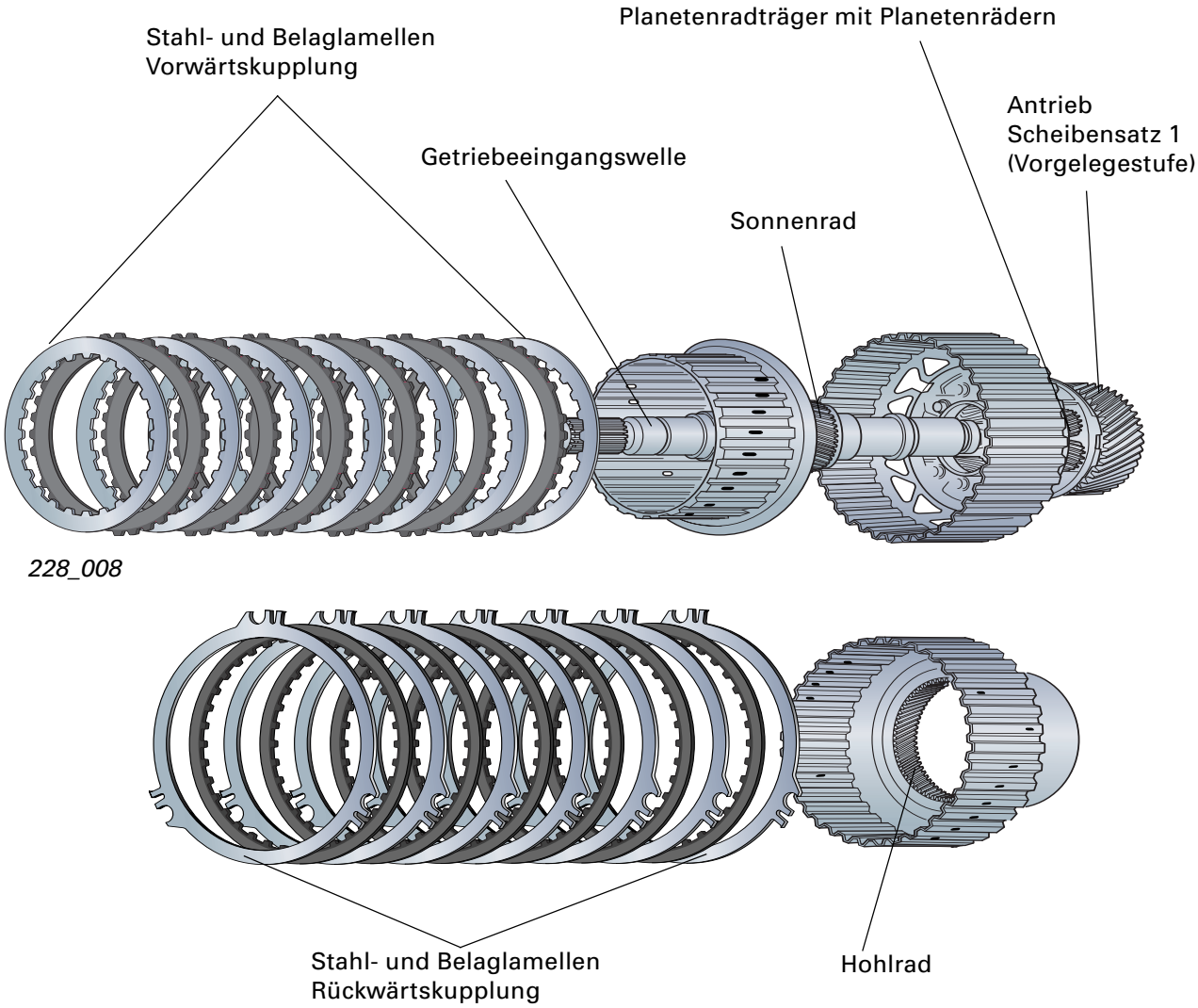
Das Übersetzungsverhältnis im Planetenradsatz beträgt bei Rückwärtsfahrt 1:1.

Zuordnung der Bauteile

Das **Sonnenrad** (Antrieb) ist mit der Getriebeeingangswelle und den Stahllamellen der Vorwärtskupplung verbunden.

Der **Planetenradträger** (Abtrieb) ist mit dem Antriebsrad der Vorgelegestufe und den Belaglamellen der Vorwärtskupplung verbunden.

Das **Hohlrad** ist mit den Planetenrädern und den Belaglamellen der Rückwärtskupplung verbunden.



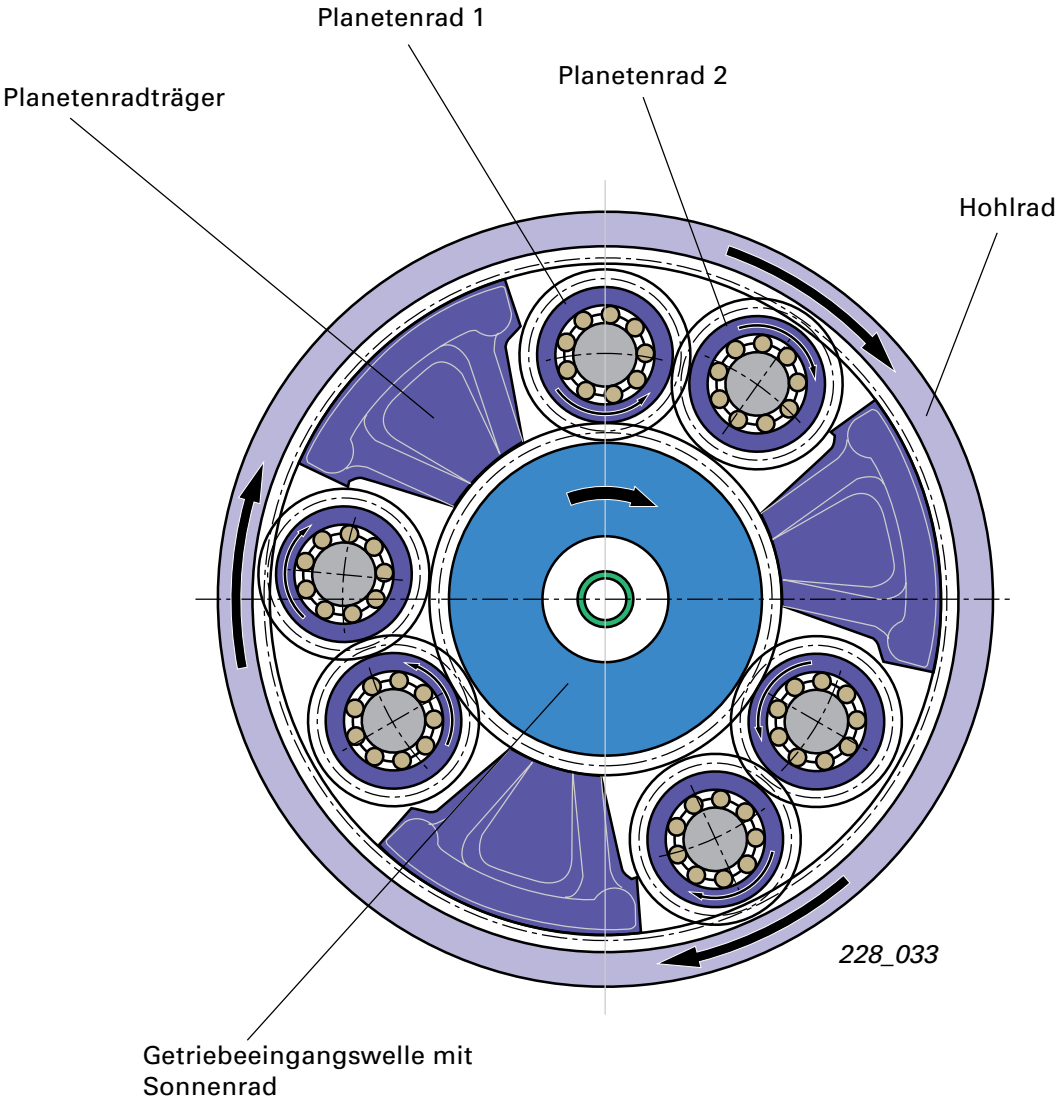
Kraftverlauf im Planetenradsatz

Das Drehmoment wird über das mit der Eingangswelle verbundene Sonnenrad in den Planetenradsatz eingeleitet und treibt die Planetenräder 1 an.

Die Planetenräder 1 treiben die Planetenräder 2 an, die mit dem Hohlrad im Eingriff sind.

Der Planetenradträger (Abtrieb Planetenradsatz) steht, da er den Antrieb der Vorgelegestufe bildet und sich das Fahrzeug noch nicht bewegt.

Das Hohlrad dreht leer, mit halber Motordrehzahl in Motordrehrichtung.

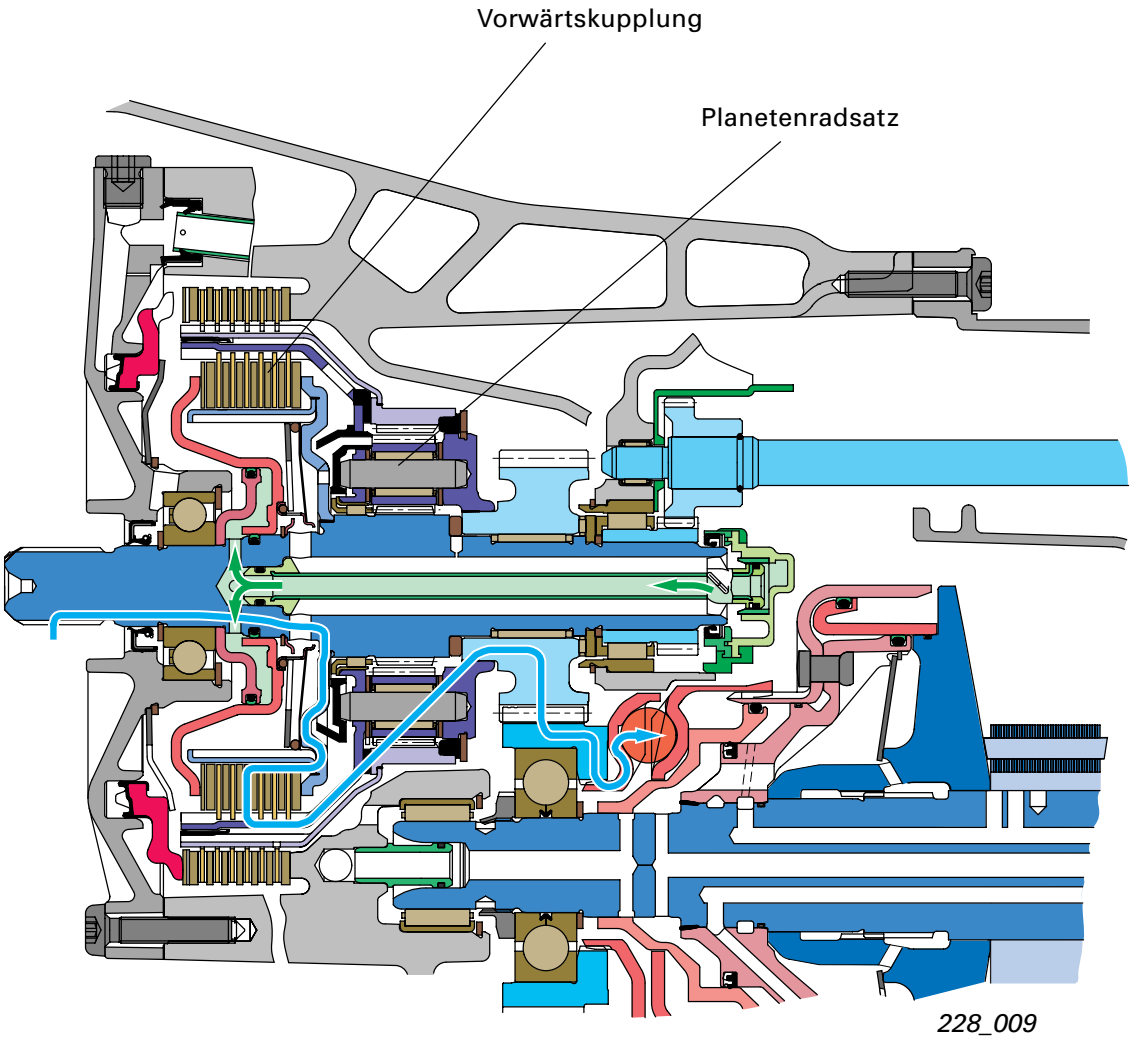


Drehrichtung der Bauteile bei laufendem Motor und stehendem Fahrzeug

Kraftverlauf bei Vorwärtsfahrt

Die Stahllamellen der Vorwärtskupplung sind mit dem Sonnenrad und die Belaglamellen sind mit dem Planetenradträger verbunden.

Wird die Vorwärtskupplung kraftschlüssig, verbindet sie die Getriebeeingangswelle mit dem Planetenradträger (Abtrieb). Der Planetenradsatz ist blockiert und dreht in Motordrehrichtung, wobei das Drehmoment 1:1 übertragen wird.



Öldruck für Kupplung
Drehmomentfluss

Getriebe-Baugruppen

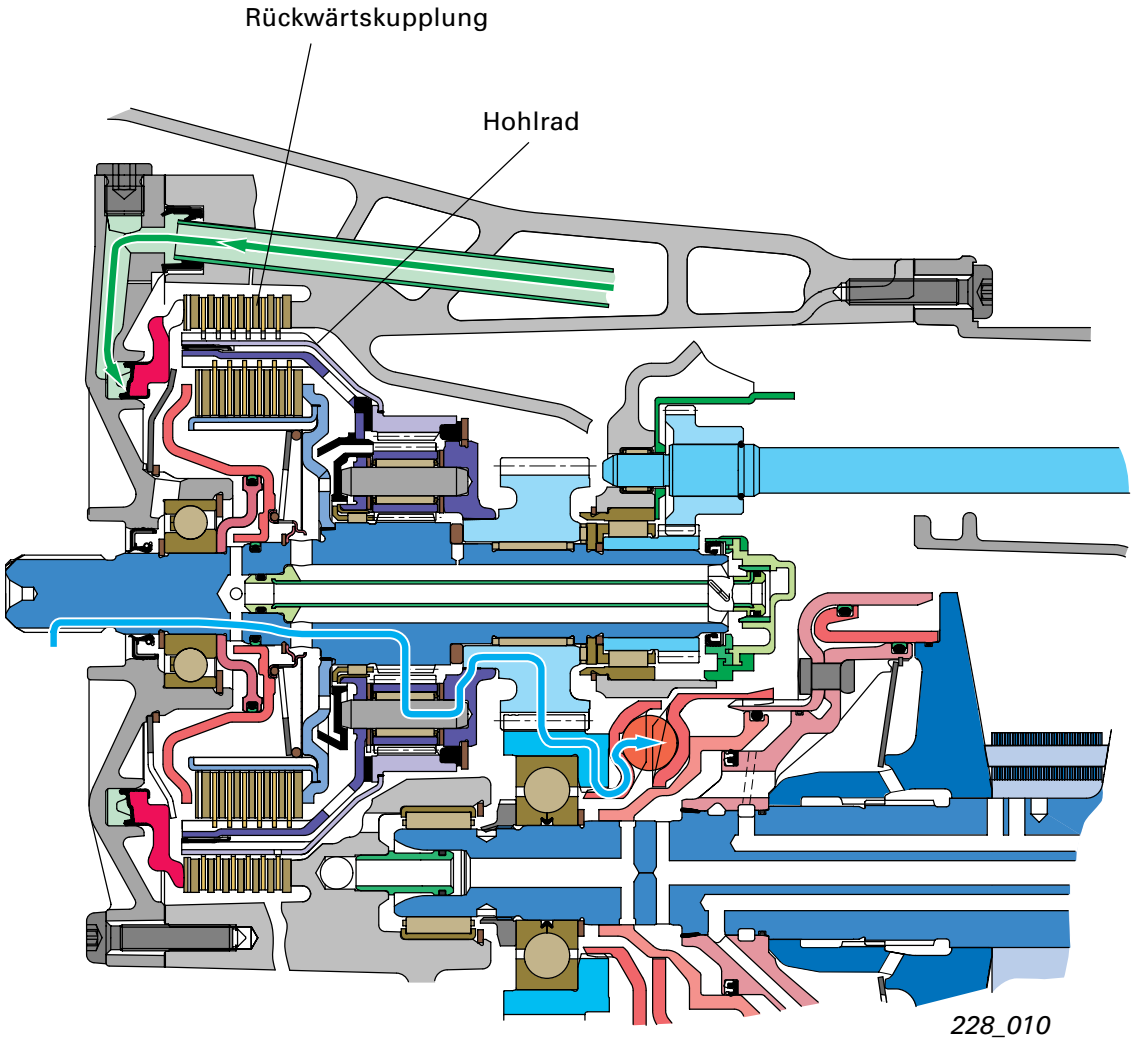
Kraftverlauf bei Rückwärtsfahrt

Die Belaglamellen der Rückwärtskupplung sind mit dem Hohlrad und die Stahllamellen sind mit dem Getriebegehäuse verbunden.

Wird die Rückwärtskupplung kraftschlüssig, hält sie das Hohlrad fest und stützt somit das Drehmoment am Getriebegehäuse ab. Jetzt wird das Drehmoment auf den Planetenradträger übertragen, der sich entgegengesetzt zur Motordrehrichtung zu drehen beginnt. Das Fahrzeug fährt rückwärts.

Bei Rückwärtsfahrt wird die Geschwindigkeit elektronisch begrenzt.

Der Variator verbleibt in Anfahrübersetzung.



Öldruck für Kupplung
Drehmomentfluss

Notizen

Die Kupplungsregelung

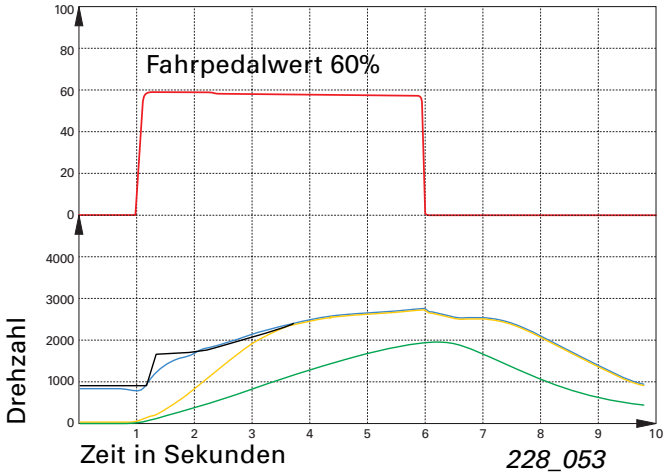
Der Anfahrvorgang

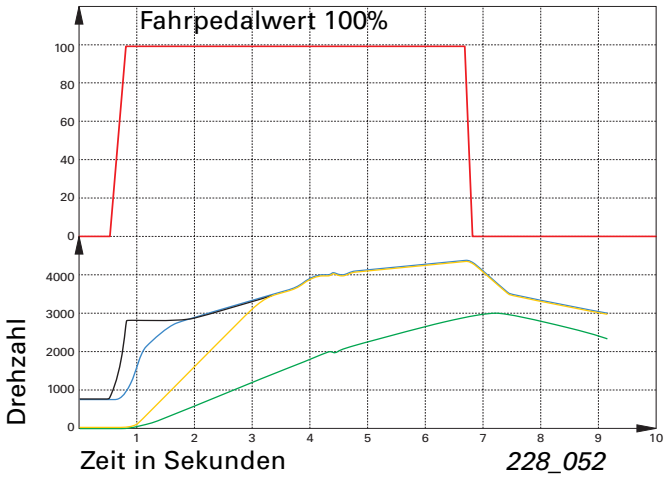
Beim Anfahrvorgang wird zur Kupplungsregelung primär die Motordrehzahl betrachtet. Je nach Anfahrcharakteristik ermittelt das Getriebesteuergerät eine Motor-Solldrehzahl, zu welcher die Motordrehzahl über das Kupplungsmoment geregelt wird.
Der Fahrerwunsch sowie interne Anforderungen im Getriebesteuergerät bestimmen die Anfahrcharakteristik.

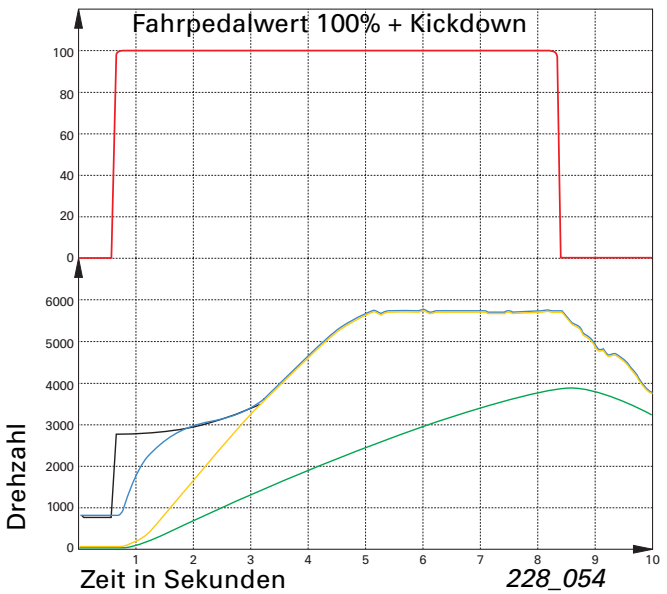
Bei ökonomischer Fahrweise, gekennzeichnet u. a. durch einen geringen Fahrpedalwinkel während des Anfahrvorgangs, wird die Motordrehzahl auf niedrigem Niveau in die anschließende Fahrdrehzahl geführt. Kurze Kupplungs-Schlupfzeiten und niedrige Motordrehzahlen ermöglichen so eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs.

Bei leistungsorientiertem Anfahren wird die Motordrehzahl auf höherem Niveau in die anschließende Fahrdrehzahl geführt. Dabei führt das höhere Motormoment zu entsprechender Fahrzeugbeschleunigung.

Verschiedene Motorvarianten (Benzin/Diesel, Drehmoment und Drehmomentverlauf) haben ebenfalls einen Einfluss auf die Anfahrcharakteristik.







Fahrpedalwinkel

Motordrehzahl

Motor-Solldrehzahl

Antriebsdrehzahl Scheibensatz 1

Abtriebsdrehzahl Scheibensatz 2

Elektronische Regelung

Zu der Kupplungsregelung werden folgende Parameter herangezogen:

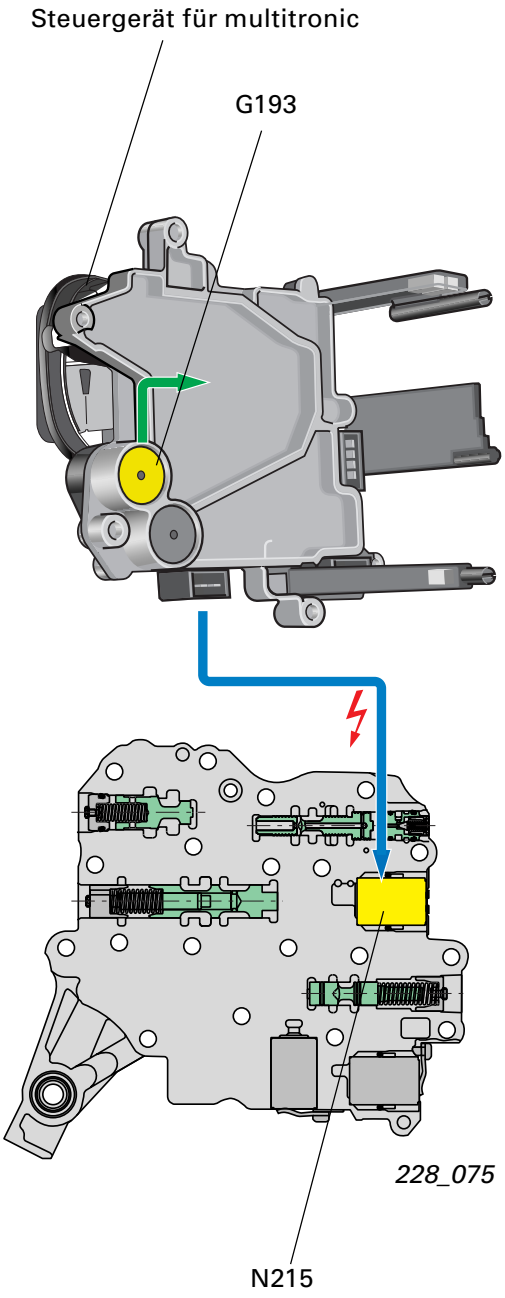
- Motordrehzahl
- Getriebeeingangsdrehzahl
- Fahrpedalstellung
- Motormoment
- Bremse betätigt
- Getriebeöltemperatur

Das Getriebesteuergerät berechnet daraus den Kupplungs-Solldruck und ermittelt einen entsprechenden Steuerstrom für das Druckregelventil N215. Nahezu proportional zum Steuerstrom verändert sich der Kupplungsdruck und somit das von der Kupplung zu übertragende Motormoment (siehe hydraulische Steuerung Seite 22).

Der Geber 1 für Hydraulikdruck G193 erfasst den Kupplungsdruck (Kupplungs-Istdruck) in der hydraulischen Steuerung. Der Kupplungs-Istdruck wird ständig mit dem vom Getriebesteuergerät errechneten Kupplungs-Solldruck verglichen.

Dabei werden Ist- und Solldruck kontinuierlich auf Plausibilität geprüft und bei entsprechender Abweichung Maßnahmen eingeleitet (siehe Sicherheitsabschaltung Seite 23).

Um ein Überhitzen der Kupplung zu vermeiden, wird sie gekühlt und die Kupplungstemperatur vom Getriebesteuergerät überwacht (Näheres unter „Kupplungskühlung” Seite 28 und „Überlastungsschutz” Seite 23).



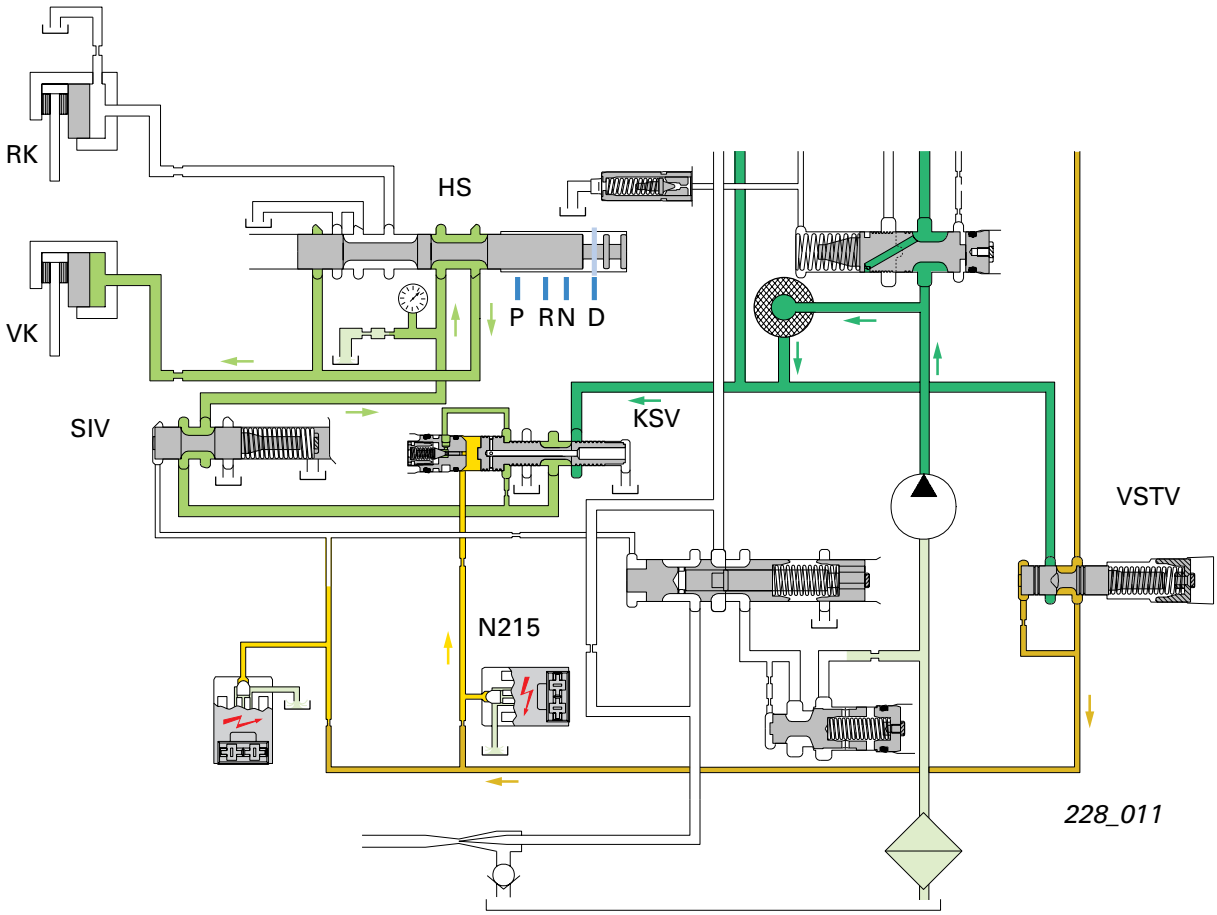
Hydraulische Steuerung

Der Kupplungsdruck steht im Verhältnis zum Motormoment und ist unabhängig vom Systemdruck.
Das Druckregelventil N215 wird vom Vorsteuerdruckventil VSTV mit einem konstanten Druck von ca. 5 bar versorgt. Entsprechend dem vom Getriebesteuergerät berechneten Steuerstrom bildet das N215 einen Steuerdruck, der die Stellung des Kupplungssteuerventils KSV beeinflusst.
Ein großer Steuerstrom führt zu einem hohen Steuerdruck.

Das Kupplungssteuerventil KSV steuert den Kupplungsdruck und somit das zu übertragende Motormoment.

Das KSV wird mit Systemdruck versorgt und bildet je nach Ansteuerung vom N215 den Kupplungsdruck. **Ein großer Steuerdruck führt zu einem hohen Kupplungsdruck.**
Der Kupplungsdruck wird über das Sicherheitsventil SIV zum Handschieber HS geführt. Der HS leitet den Kupplungsdruck entsprechend der Wählhebelstellung entweder zur Vorwärtskupplung (Stellung D) oder zur Rückwärtskupplung (Stellung R). Die jeweils nicht mit Druck beaufschlagte Kupplung wird zum Ölsumpf belüftet.

In den Wählhebelstellungen N und P ist der Zulauf über den Handschieber gesperrt und beide Kupplungen sind zum Ölsumpf belüftet.



ATF drucklos
Kupplungsdruck
Versorgungsdruck
Vorsteuerdruck
Steuerdruck
In den Ölsumpf

Sicherheitsabschaltung

Ist der tatsächliche Kupplungsdruck deutlich über dem Kupplungs-Solldruck, so liegt eine sicherheitsrelevante Fehlfunktion vor. In diesem Fall wird die Kupplung unabhängig von der Handschieberstellung und allen anderen Systemzuständen drucklos geschaltet.

Die Sicherheitsabschaltung ist über das Sicherheitsventil SIV realisiert und ermöglicht ein schnelles Öffnen der Kupplung.

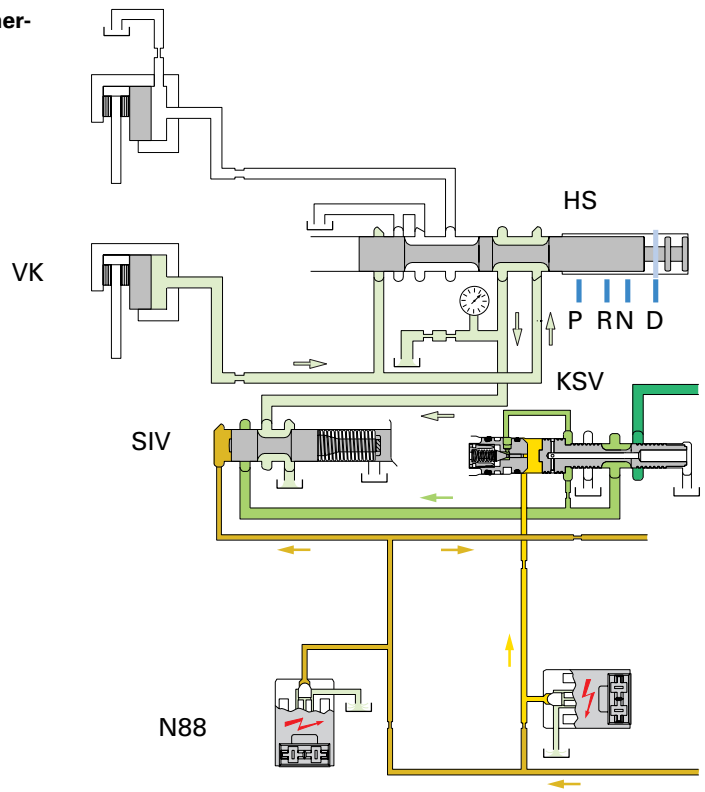
Das SIV wird vom Magnetventil 1 N88 angesteuert. Ab einem Steuerdruck von ca. 4 bar wird der Zulauf vom KSV unterbrochen und gleichzeitig die Verbindung zum Handschieber in den Ölsumpf belüftet.

Überlastungsschutz

Die Kupplungstemperatur wird vom Getriebesteuergerät mit Hilfe eines Rechenmodells aus dem Kupplungsschlupf, dem zu übertragenden Motormoment und der Getriebeöltemperatur errechnet. Übersteigt bei zu starker Belastung der Kupplung die ermittelte Kupplungs-temperatur eine definierte Schwelle, wird das Motormoment reduziert.

Das Motormoment kann bis zur erhöhten Leerlaufdrehzahl reduziert werden. Der Motor zeigt unter Umständen kurzfristig keine Reaktion auf das Fahrpedal. Die Kupplungskühlung sorgt für eine kurze Abkühlzeit. Das volle Motormoment steht wieder schnell zur Verfügung.
Eine Überlastung der Kupplung wird nahezu ausgeschlossen.

Schaltstellung bei Sicher-heitsabschaltung



228_082

Belüftet zum Ölsumpf/drucklos
Kupplungsdruck
Versorgungsdruck
Vorsteuerdruck
Steuerdruck
In den Ölsumpf

Die Kupplungsregelung im Stand (Creep-Regelung)

Die Funktion der Creep-Regelung bewirkt, dass bei Motorleerlauf und eingelegter Fahrstufe ein definiertes Schleifmoment an der Kupplung (Kupplungsmoment) eingeregelt wird.
Das Fahrzeug verhält sich so, wie man es von einem Automatikgetriebe mit Drehmomentwandler gewohnt ist.

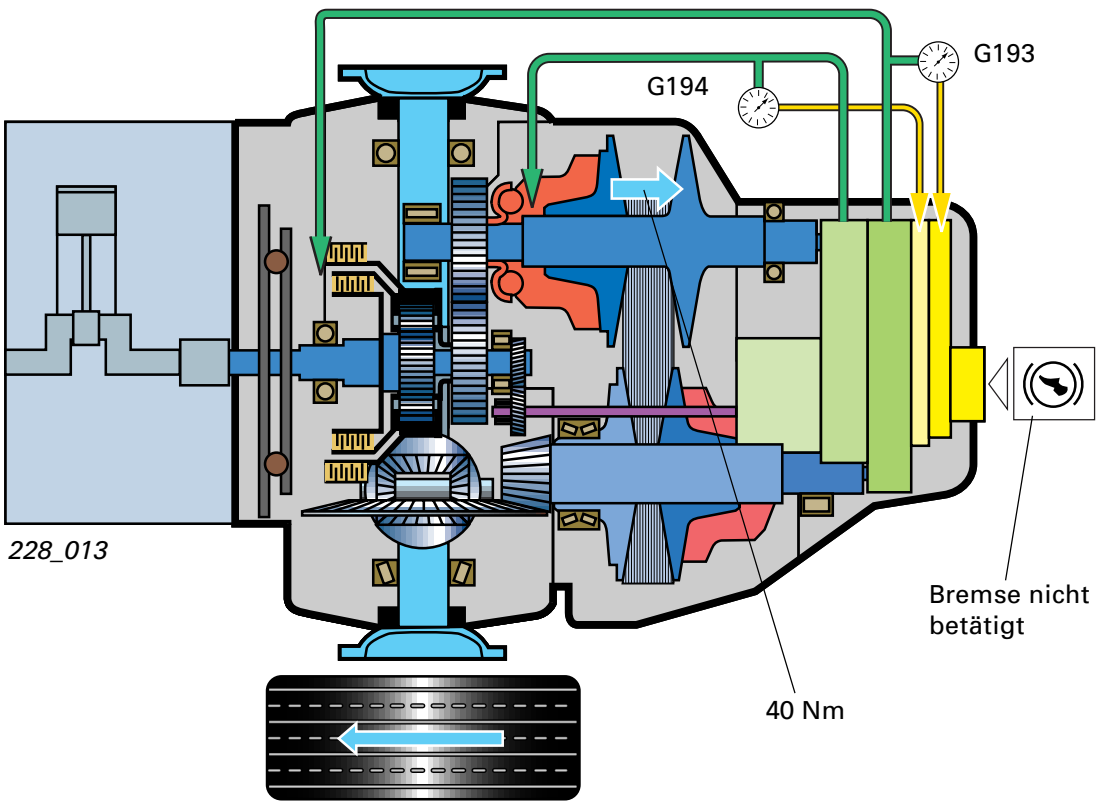
Durch gezieltes Anpassen des Kupplungsdruckes resultiert ein Antriebsmoment, das zum „Kriechen" des Fahrzeugs führt.

Das Antriebsmoment wird in Abhängigkeit des Fahrzustandes und der Fahrzeuggeschwindigkeit in definierten Grenzen variiert.
Für die genaue Regelung des Kupplungsmomentes wird der vom G194 ermittelte Anpressdruck der Kegelscheiben verwendet.

„Creep" ist das englische Wort für kriechen.

Die Creep-Regelung ermöglicht Rangiervorgänge (beim Einparken) ohne Betätigung des Fahrpedals und erhöht so den Fahrkomfort.

Da der Anpressdruck proportional zum tatsächlichen, am Scheibensatz 1 anliegenden Antriebsmoment des Motors ist, lässt sich das Kupplungsmoment mit Hilfe des G194 sehr genau berechnen und somit regeln (Näheres unter „Der Drehmomentfühler" Seite 38).



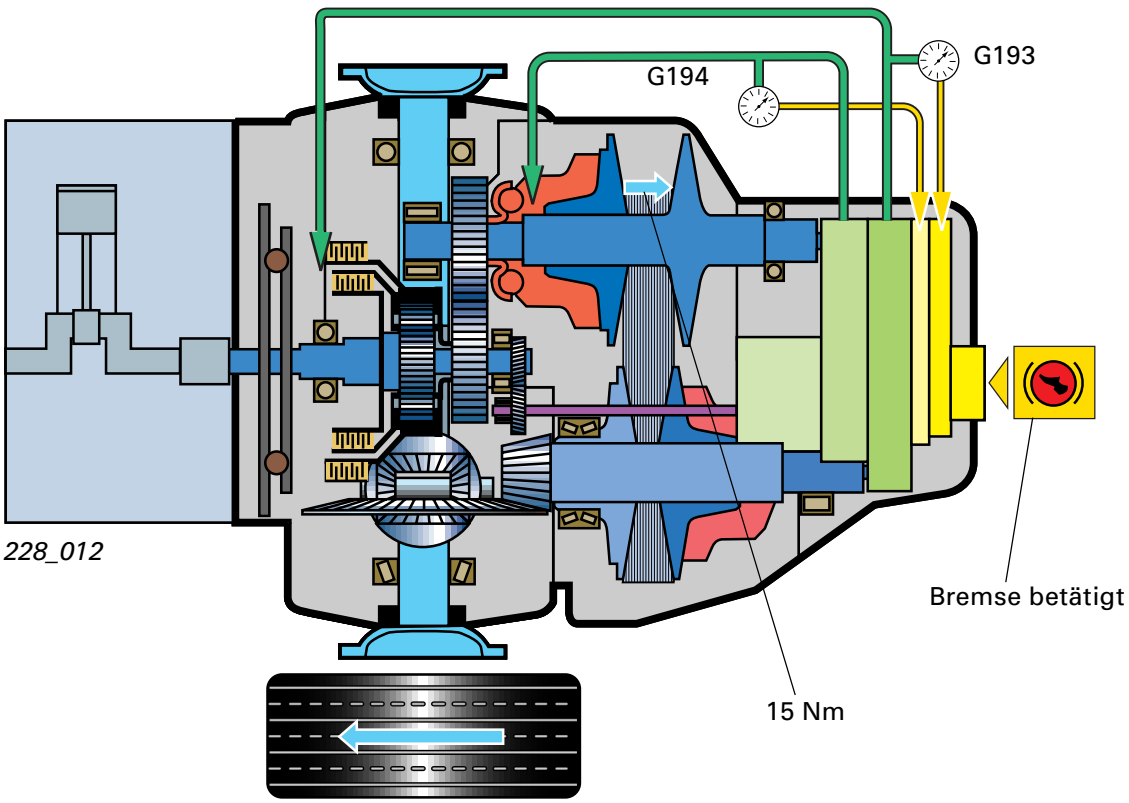
Besonderheit der Creep-Regelung

Eine Besonderheit der Creep-Regelung ist die Reduzierung des Kriechmoments bei stehendem Fahrzeug und betätigter Bremse, wodurch dem Motor weniger Moment abverlangt wird (dabei ist die Kupplung weiter geöffnet).

Dies wirkt sich positiv auf den Kraftstoffverbrauch aus und führt zu einer Komfortverbesserung, da sich die Akustik (Standbrummen) verbessert und die Bremsbetätigungskräfte zum Festhalten des Fahrzeugs deutlich geringer sind.

Rollt das Fahrzeug im Stand an einer Steigung und mit nur leicht betätigter Bremse zurück, wird der Kupplungsdruck erhöht und das Fahrzeug somit gehalten („Hillholder"-Berghalte-Funktion).

Durch die Verwendung von zwei Gebern für Abtriebsdrehzahl, G195 und G196, kann zwischen Vorwärtsfahrt und Rückwärtsfahrt unterschieden werden, wodurch diese Funktion ermöglicht wird (weitere Infos finden Sie im Kapitel „Sensoren").



228_012

Die Mikroschlupfregelung

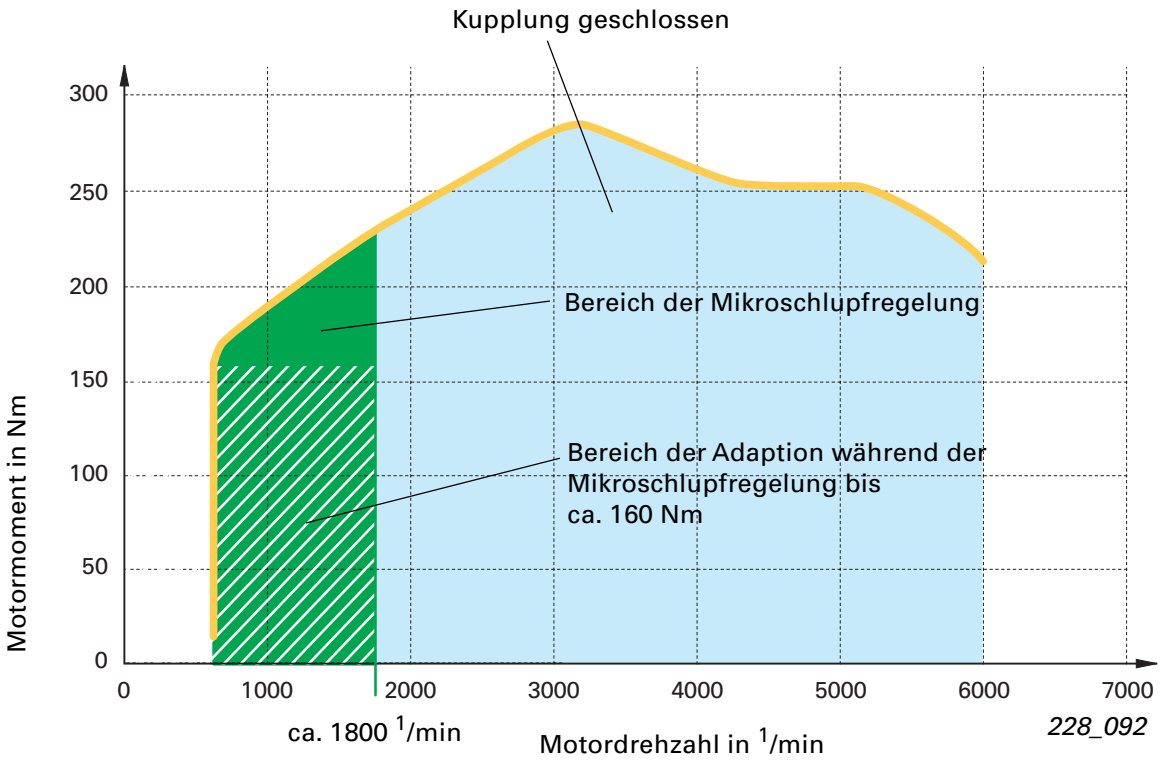
Die Mikroschlupfregelung dient zur Adaption der Kupplungsregelung (siehe Beschreibung der Adaption) und zur Dämpfung der vom Motor verursachten Drehschwingungen.

Die Adaption der Kupplungskennlinien im Teillastbereich erfolgt bis zu einem Motormoment von 160 Nm.

Im Drehzahlbereich bis ca. 1800 ^{1}/min und einem Motormoment bis ca. 220 Nm lässt man die Kupplung mit sogenanntem „Mikroschlupf" arbeiten.
In diesem Betriebsbereich regelt man eine Schlupfdrehzahl (Differenzdrehzahl) von ca. 5 ^{1}/min bis 20 ^{1}/min zwischen Getriebeeingangswelle und Scheibensatz 1.

Dazu vergleicht das Getriebesteuergerät das Signal des Gebers für Getriebeeingangsdrehzahl G182 zur Motordrehzahl (unter Berücksichtigung der Vorgelegestufe).
Der G182 erfasst die Drehzahl vom Scheibensatz 1.

Wie der Begriff „Mikroschlupf" verrät, wird der Schlupf der Kupplung sehr gering gehalten, so dass keine merkbaren Nachteile bezüglich Belagverschleiß und Kraftstoffverbrauch auftreten.



Adaption der Kupplungsregelung

Um die Kupplung in jedem Betriebszustand und über die gesamte Lebensdauer gleichbleibend komfortabel regeln zu können, muss der Zusammenhang zwischen Steuerstrom und Kupplungsmoment fortlaufend aktualisiert werden.

Dies ist erforderlich, da sich die Reibwerte der Kupplungen permanent verändern.

Der Reibwert ist von folgenden Faktoren abhängig:

- Getriebeöl (Qualität, Alterung, Verschleiß)
- Getriebeöltemperatur
- Kupplungstemperatur
- Kupplungsschlupf

Zur Kompensation dieser Einflüsse und somit zur Optimierung der Kupplungsregelung werden die Zusammenhänge zwischen Steuerstrom und Kupplungsmoment während der Creep-Regelung und im Teillastbereich adaptiert.

Die Adaption während der Creep-Regelung (Bremse betätigt):

Wie bereits erwähnt, wird während der Creep-Regelung ein definiertes Kupplungsmoment eingeregelt. Dabei betrachtet das Getriebesteuergerät das Verhältnis zwischen dem Steuerstrom (von N215) und dem Wert des Druckgebers G194 (Anpressdruck) und speichert die Werte ab. Die aktuellen Daten werden zur Berechnung der neuen Kennlinien herangezogen.

„Adaptieren“ bedeutet anpassen, oder wie hier, Lernen neuer Vorsteuerwerte.

Die Adaption im Teillastbereich ...

... erfolgt während der Mikroschlupfregelung. In diesem Betriebsbereich vergleicht das Getriebesteuergerät das Motormoment (vom Motorsteuergerät) mit dem Steuerstrom zum N215 und speichert die Werte ab. Die aktuellen Daten werden zur Berechnung der neuen Kennlinien herangezogen (siehe Mikroschlupfregelung).

Zusammenfassung:

Die Adaption dient einer gleichbleibenden Qualität der Kupplungsregelung.

Die Adaptionswerte beeinflussen ebenfalls die Berechnung des Kupplungsdruckes bei höheren Übertragungsmomenten (Kupplung voll kraftschlüssig).

Die Kupplung braucht somit nicht mit überhöhtem Druck beaufschlagt zu werden, was sich letztlich wiederum positiv auf den Wirkungsgrad auswirkt.

Die Kupplungskühlung

Um die Kupplungen vor zu starker Erhitzung zu schützen (besonders beim Anfahren unter schwierigen Bedingungen), werden sie von einem separaten Ölstrom gekühlt.

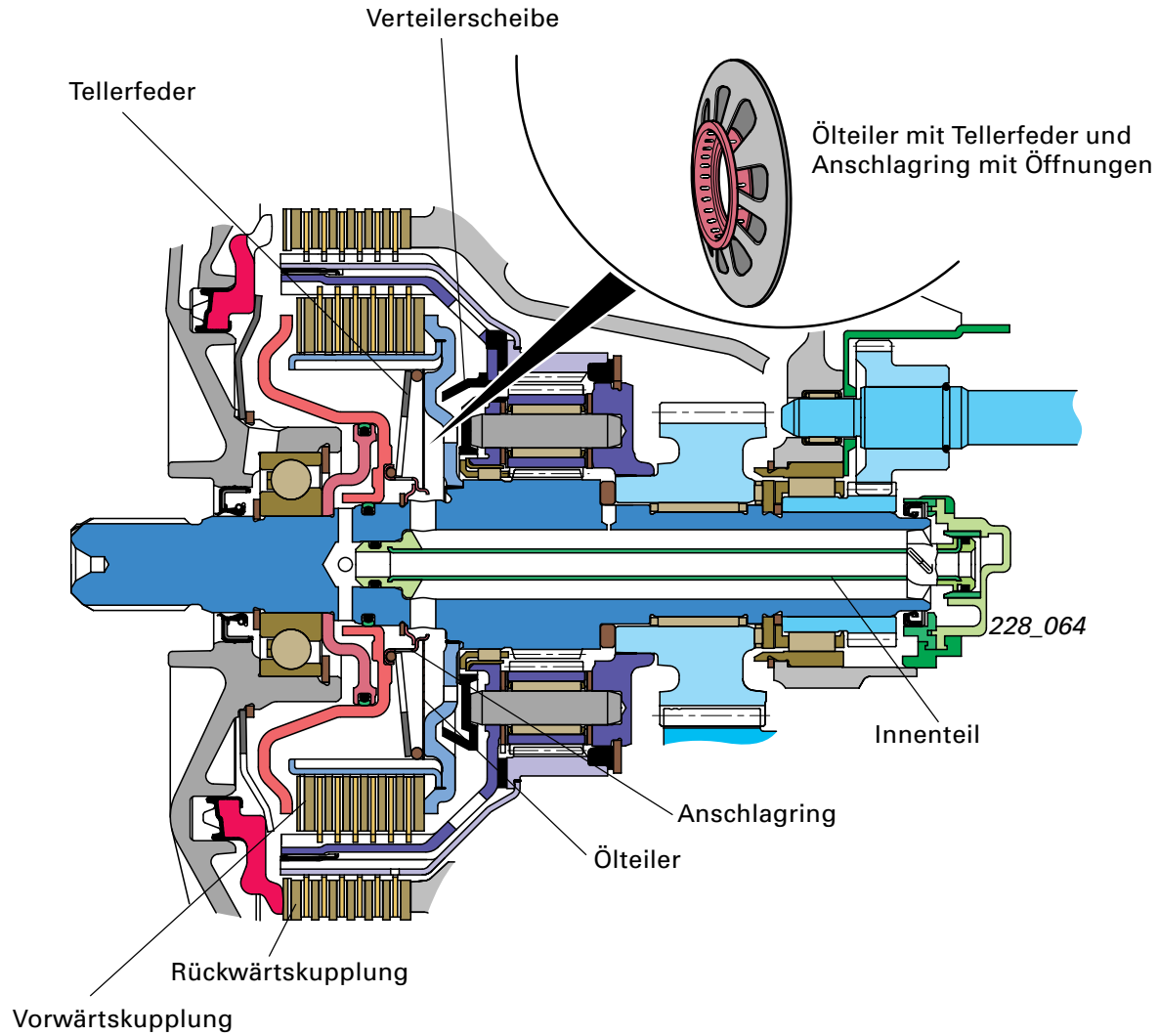
Um Leistungsverluste durch die Kupplungskühlung gering zu halten, wird der Kühlölstrom über eine im Schieberkasten integrierte Kühlölsteuerung nach Bedarf zugeschaltet.

Zudem wird über eine Saugstrahlpumpe die Kühlölmenge erhöht, ohne dass der Ölpumpe wesentlich mehr Leistung abverlangt wird.

Zur Optimierung der Kupplungskühlung wird der Kühlölstrom nur an das jeweils leistungsübertragende Lamellenpaket geleitet.

Das Kühlöl sowie das Drucköl der Vorwärtskupplung werden durch die hohl gebohrte Getriebeeingangswelle geführt. Die beiden Ölkreisläufe sind durch ein Stahlrohr, das sogenannte „Innenteil" voneinander getrennt.

An den Ölaustrittsbohrungen der Getriebeeingangswelle befindet sich ein „Ölteiler", der den Kühlölstrom zur Vorwärts- bzw. zur Rückwärtskupplung leitet.



Kühlung der Vorwärtskupplung

Ist die Vorwärtskupplung betätigt, wird der Ölteiler vom Zylinder (Druckplatte) der Vorwärtskupplung nach hinten gedrückt.

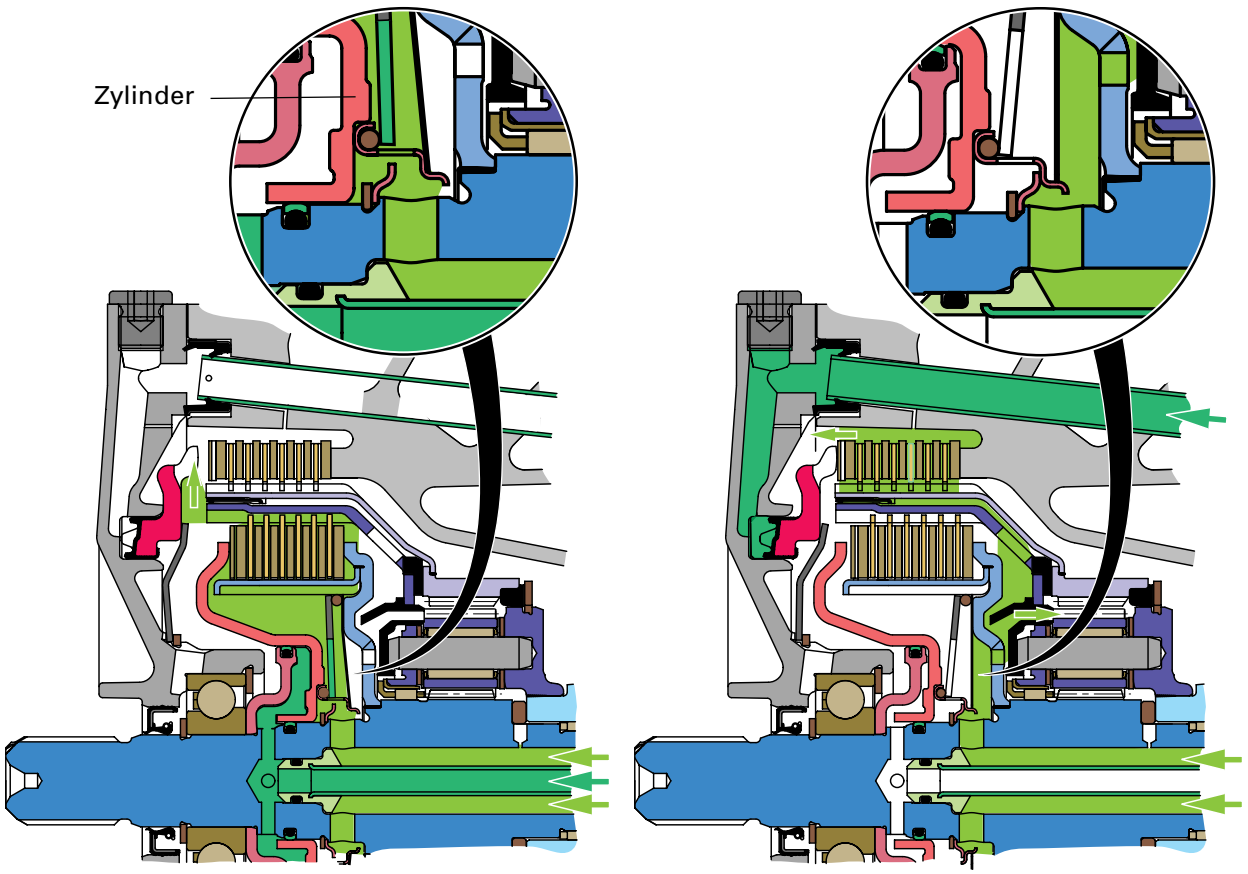
In dieser Position wird der Kühlölstrom an der Vorderseite des Ölteilers vorbeigeleitet und durchströmt die Vorwärtskupplung.

Kühlung der Rückwärtskupplung

Ist die Vorwärtskupplung nicht betätigt (im Leerlauf oder bei betätigter Rückwärtskupplung), befindet sich der Ölteiler in seiner Grundposition.

In dieser Position fließt der Kühlölstrom zur Rückseite des Ölteilers und wird mittels einer Verteilerscheibe zur Rückwärtskupplung geleitet. Abzweigungen in der Verteiler-scheibe leiten zudem einen Teil des Kühlöls zum Planetenradsatz und sorgen für die nötige Schmierung.

Vorwärtskupplung **Rückwärtskupplung**



228_014

Öldruck für Kupplung

Ölstrom für Kupplungskühlung

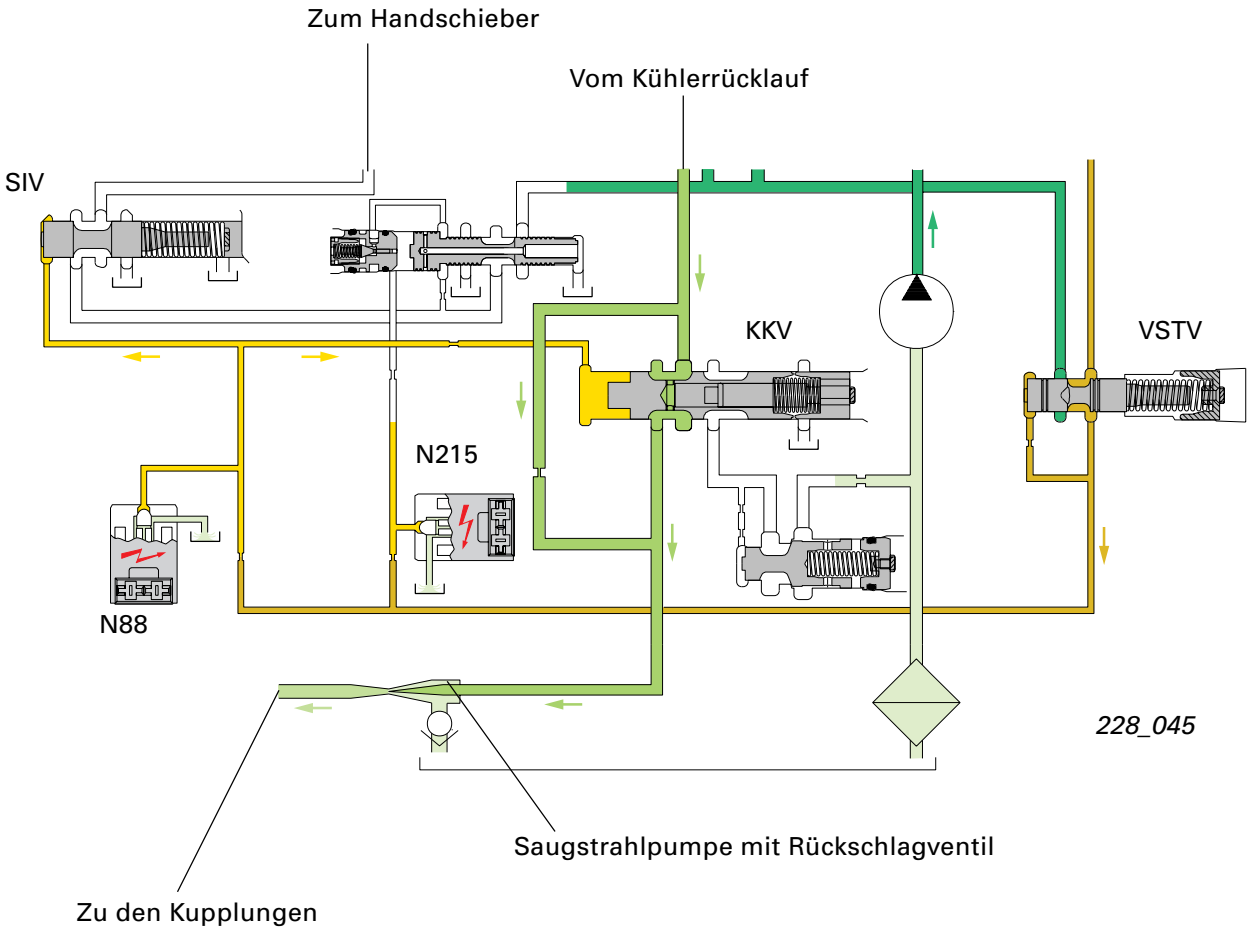
Hydraulische Steuerung der Kupplungskühlung

Zeitgleich mit der Ansteuerung der Kupplungsregelung wird die Kupplungskühlung zugeschaltet.

Das Getriebesteuergerät leitet einen definierten Steuerstrom an das Magnetventil 1 N88. Dies bewirkt einen Steuerdruck, der das Kupplungskühlventil KKV schaltet.

Das Kupplungskühlventil KKV leitet Drucköl vom Kühlerrücklauf zur Saugstrahlpumpe.

Das Drucköl dient zum Betrieb der Saugstrahlpumpe (Näheres unter „Ölversorgung/Saugstrahlpumpe“ Seite 51).

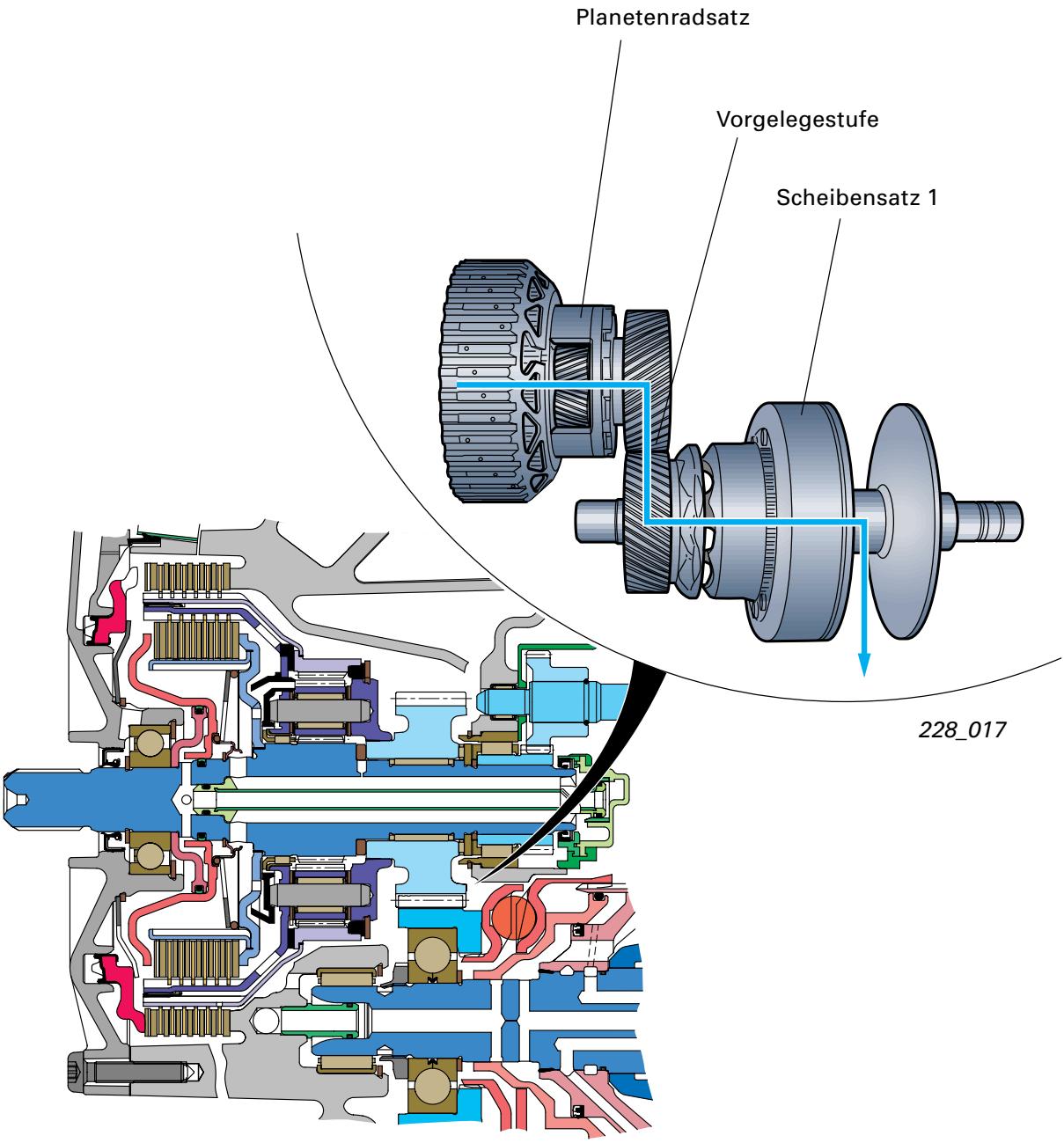


ATF drucklos
Kühlölstrom
Öl vom Kühlerrücklauf
Vorsteuerdruck
Steuerdruck
In den Ölsumpf

Die Vorgelegestufe

Aufgrund der Platzverhältnisse wird das Drehmoment über eine Vorgelegestufe auf den Variator übertragen.

Durch unterschiedliche Übersetzungen der Vorgelegestufe erfolgt die Anpassung verschiedener Motorvarianten an das Getriebe.
Dadurch wird der Variator in seinem optimalen Drehmomentbereich betrieben.



Der Variator

Das Grundprinzip des Variators wurde bereits auf Seite 5 dargestellt. Nachfolgend wird auf die Besonderheiten und Funktionen des Variators der multitronic® eingegangen.

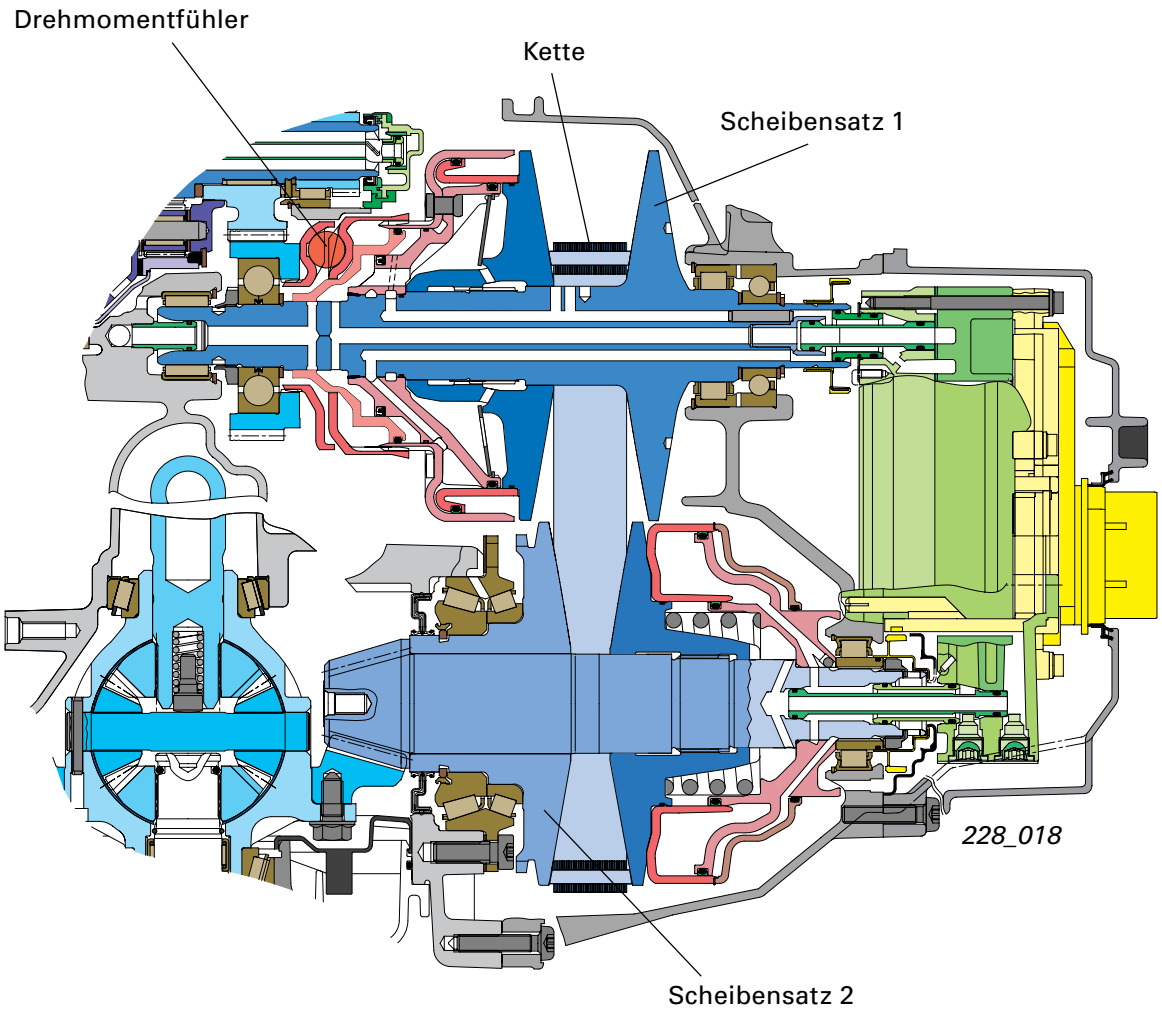
Konzept des Variators in der multitronic®

Der Variator arbeitet mit einem sogenannten Doppelkolbenprinzip. Als weitere Besonderheit ist im Scheibensatz 1 ein Drehmomentfühler untergebracht (Näheres unter „Der Drehmomentfühler“ Seite 38).

Die Scheibensätze 1 und 2 verfügen jeweils über einen separaten Zylinder für die Anpressung der Kegelscheiben (Anpresszylinder) sowie einen separaten Zylinder für die Verstellung der Übersetzung (Verstellzylinder).

Mit dem Doppelkolbenprinzip ist es möglich, mit einer geringen Menge von Drucköl sehr schnell die Übersetzung zu verändern und auf relativ niedrigem Druckniveau immer eine ausreichende Anpressung der Kegelscheiben sicherzustellen.

Anfahrübersetzung (Underdrive)



Verstellung

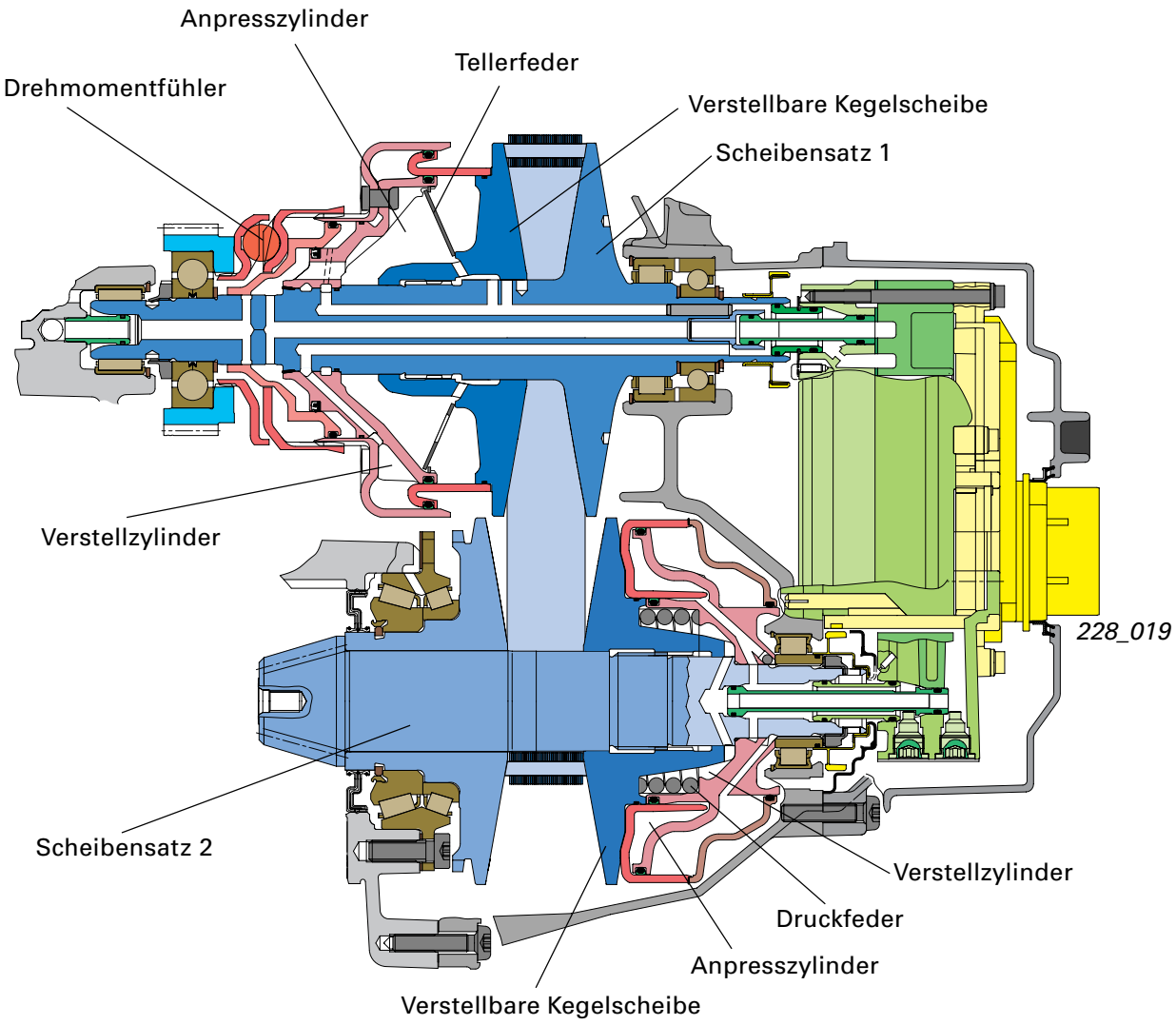
Hohe Ansprüche an die Verstelldynamik erfordern die Bereitstellung einer entsprechende Menge von Drucköl. Um die Ölmenge möglichst gering zu halten, haben die Verstellzylinder eine kleinere Fläche als die Anpresszylinder. Zur Verstellung benötigt man somit eine relativ geringe Ölmenge.

Trotz geringer Förderleistung der Ölpumpe wird eine hohe Verstelldynamik ermöglicht sowie der Wirkungsgrad positiv beeinflusst.

Die Tellerfeder im Scheibensatz 1 und die Schraubenfeder im Scheibensatz 2 sorgen bei drucklosem Hydrauliksystem für eine gewisse Grundspannung (Anpressung) der Kette.

Durch die Federkraft der Schraubenfeder im Scheibensatz 2 wird im drucklosen Zustand der Variator zur Anfahrübersetzung verstellt.

Endübersetzung (Overdrive)

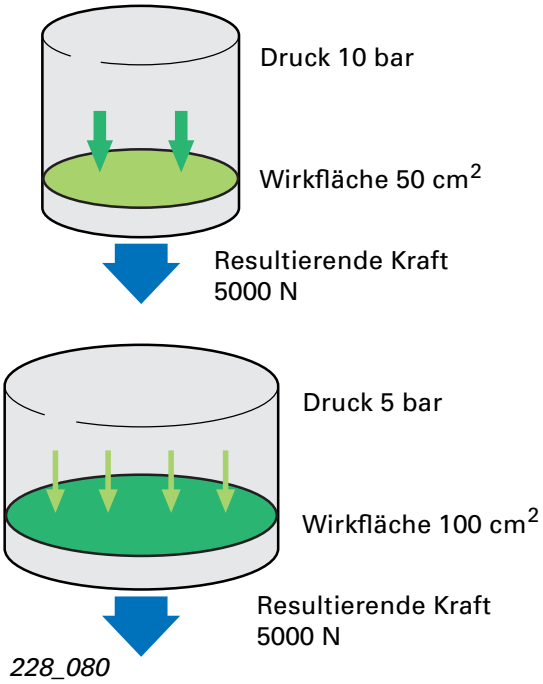


Anpressung

Zur Übertragung der Drehmomente sind hohe Anpresskräfte zwischen Kegelscheiben und Kette gefordert. Die Anpresskraft wird über einen entsprechenden Öldruck im Anpresszylinder realisiert.

Dem Gesetz der Hydraulik zufolge kann eine resultierende Kraft (Anpresskraft) über Druck und Wirkfläche variiert werden.

Die Anpresszylinder haben eine größere Fläche und benötigen somit einen geringeren Öldruck zur Anpressung. Der relativ niedrige Öldruck beeinflusst den Wirkungsgrad ebenfalls positiv.



228_080

Abschleppen

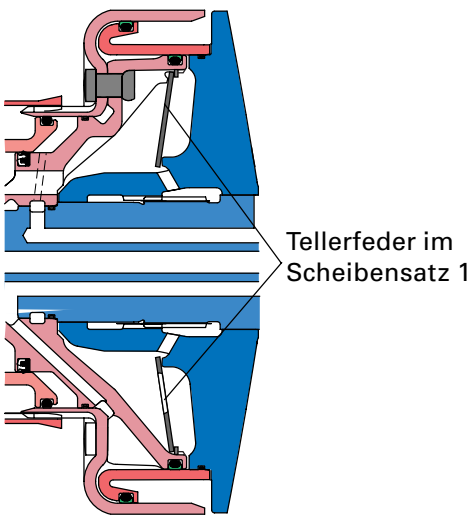
Beim Abschleppen treibt der Scheibensatz 2 den Scheibensatz 1 an und es kommt zu einem dynamischen Druckaufbau in den Verstell- und Anpresszylindern der Scheibensätze.

Das System ist so ausgelegt, dass durch den dynamischen Druckaufbau der Variator in ein Übersetzungsverhältnis von ca. 1:1 verstellt. Der Scheibensatz 1 und der Planetenradsatz werden dadurch vor zu hohen Drehzahlen geschützt.

Die Tellerfeder in Scheibensatz 1 unterstützt diesen Vorgang.

„Dynamischer Druckaufbau“ siehe Kapitel „Fliehölhaube“.

Beachten Sie auch die Hinweise zum Thema Abschleppen im Kapitel „Service“.



228_081

Die Übersetzungs-steuerung

Elektronische Regelung

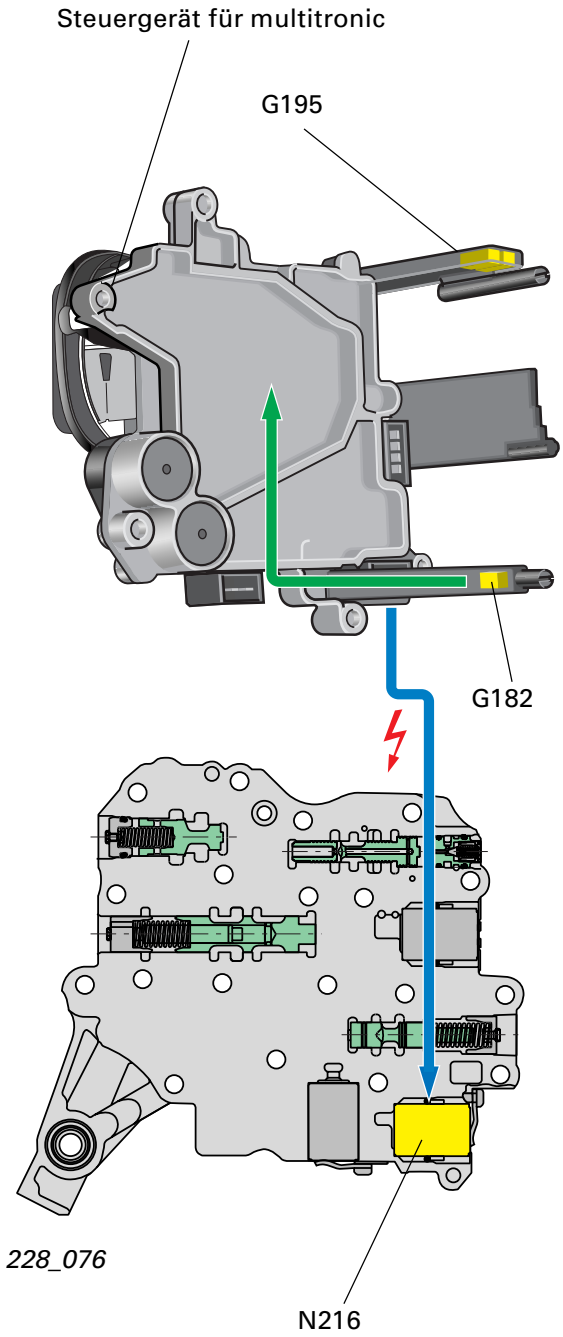
Zur Berechnung der Soll-Antriebsdrehzahl verfügt das Steuergerät der multitronic® über ein dynamisches Regelprogramm (DRP). Es handelt sich dabei um eine Weiterentwicklung des von den Stufenautomaten bekannten dynamischen Schaltprogrammes DSP. So werden Fahrerwunsch und Fahrzustand bewertet, um in jeder Fahrsituation die optimale Getriebeübersetzung bereitzustellen (siehe Beschreibung DRP Seite 82).

Abhängig von den Randbedingungen errechnet das Dynamische Regelprogramm eine Soll-Antriebsdrehzahl.

Der Geber G182 erfasst die aktuelle Getriebeeingangsdrehzahl am Scheibensatz 1.

Anhand eines Soll-Ist-Vergleichs errechnet das Getriebesteuergerät einen Steuerstrom für das Druckregelventil N216. Nahezu proportional zum Steuerstrom erzeugt das N216 einen Steuerdruck für das hydraulische Übersetzungsventil.

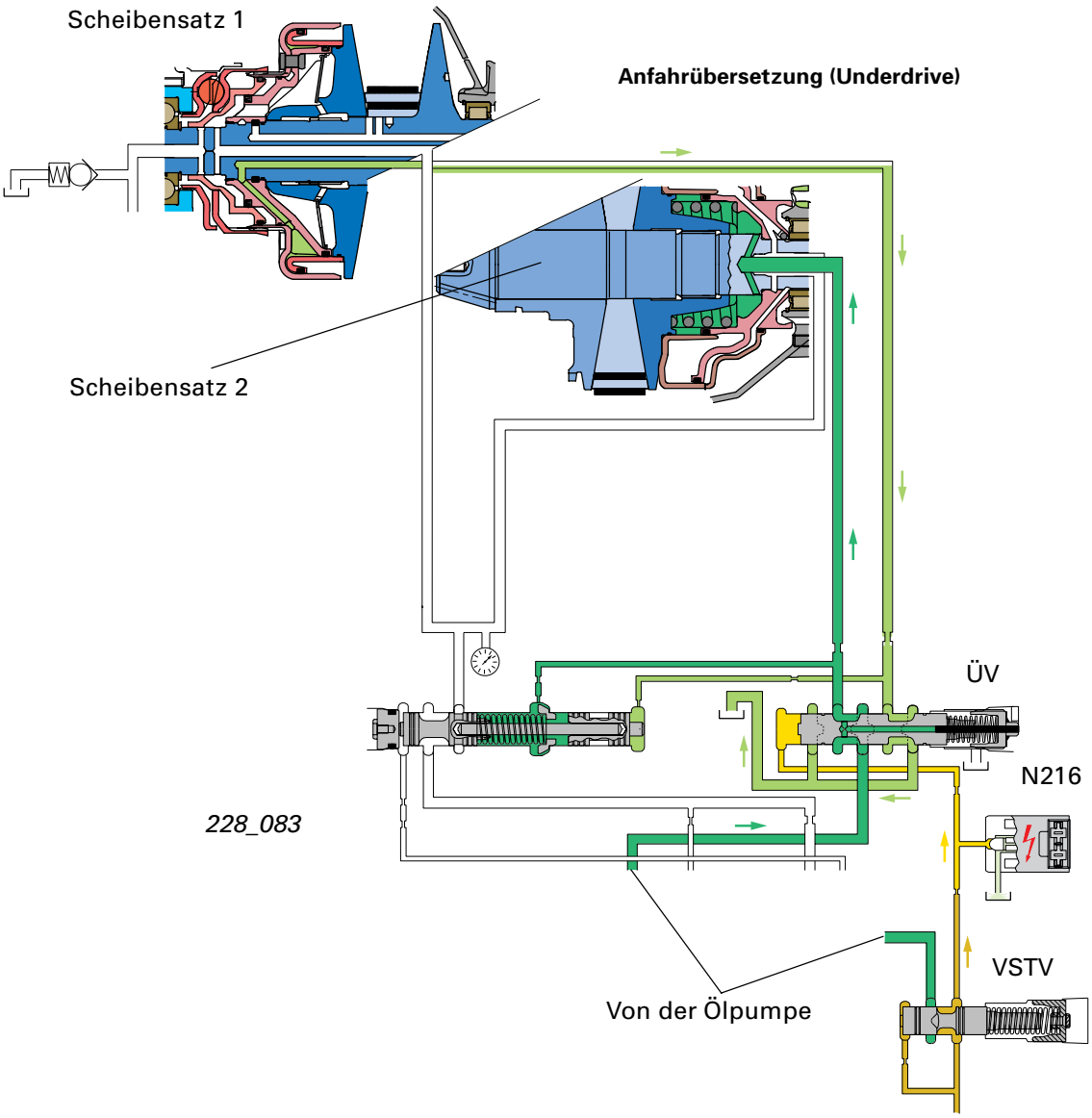
Zur Überwachung der Übersetzungssteuerung werden die Signale von G182 (Geber für Getriebeeingangsdrehzahl), G195 (Geber für Getriebeausgangsdrehzahl) sowie die Motordrehzahl auf Plausibilität zueinander beobachtet.



Hydraulische Übersetzungssteuerung

Das Druckregelventil N216 wird vom Vorsteuerdruckventil VSTV mit einem konstanten Druck von ca. 5 bar versorgt. Entsprechend dem vom Getriebesteuergerät berechneten Steuerstrom bildet das N216 einen Steuerdruck, der die Stellung des Übersetzungsventils ÜV beeinflusst.

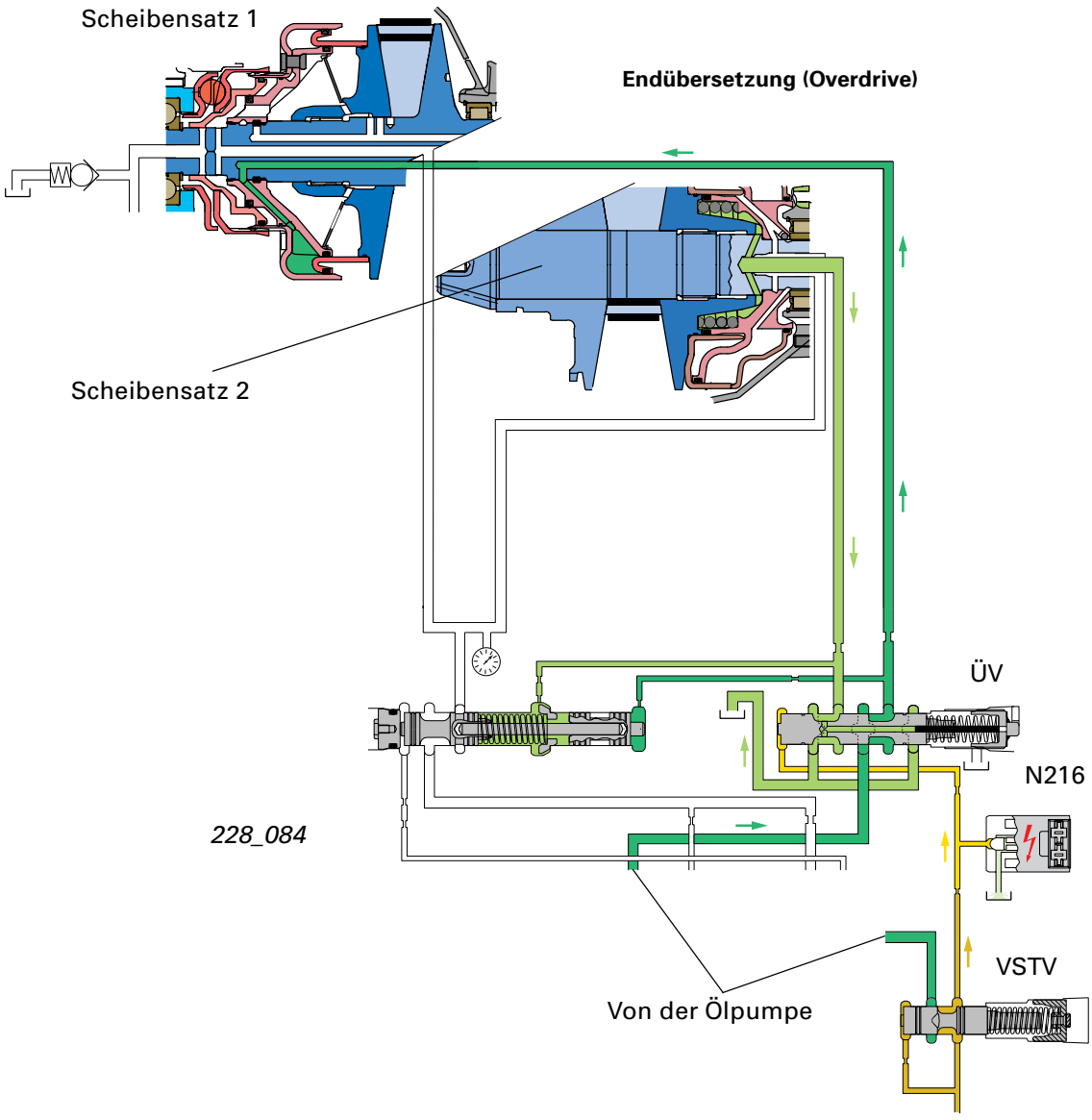
Ein großer Steuerstrom führt zu einem hohen Steuerdruck.
Je nach Steuerdruck leitet das Übersetzungsventil ÜV den Verstelldruck zum Verstellzylinder des Scheibensatzes 1 bzw. 2.



Vorsteuerdruck
Steuerdruck
In den Ölsumpf
Belüftet zum Ölsumpf
Ölversorgung

Bei einem Steuerdruck zwischen ca. 1,8 bar und 2,2 bar ist das Übersetzungsventil ÜV geschlossen. Bei einem Steuerdruck kleiner 1,8 bar wird der Verstelldruck zum Verstellzylinder/Scheibensatz 1 geleitet und zugleich der Verstellzylinder/Scheibensatz 2 zum Ölsumpf belüftet. Der Variator verstellt in Richtung Overdrive.

Ist der Steuerdruck größer als 2,2 bar, wird der Verstelldruck zum Verstellzylinder/ Scheibensatz 2 geleitet und zugleich der Verstellzylinder/Scheibensatz 1 zum Ölsumpf belüftet. Der Variator verstellt in Richtung Anfahrübersetzung.



Vorsteuerdruck

Belüftet zum Ölsumpf

Steuerdruck

Ölversorgung

In den Ölsumpf

Der Drehmomentfühler

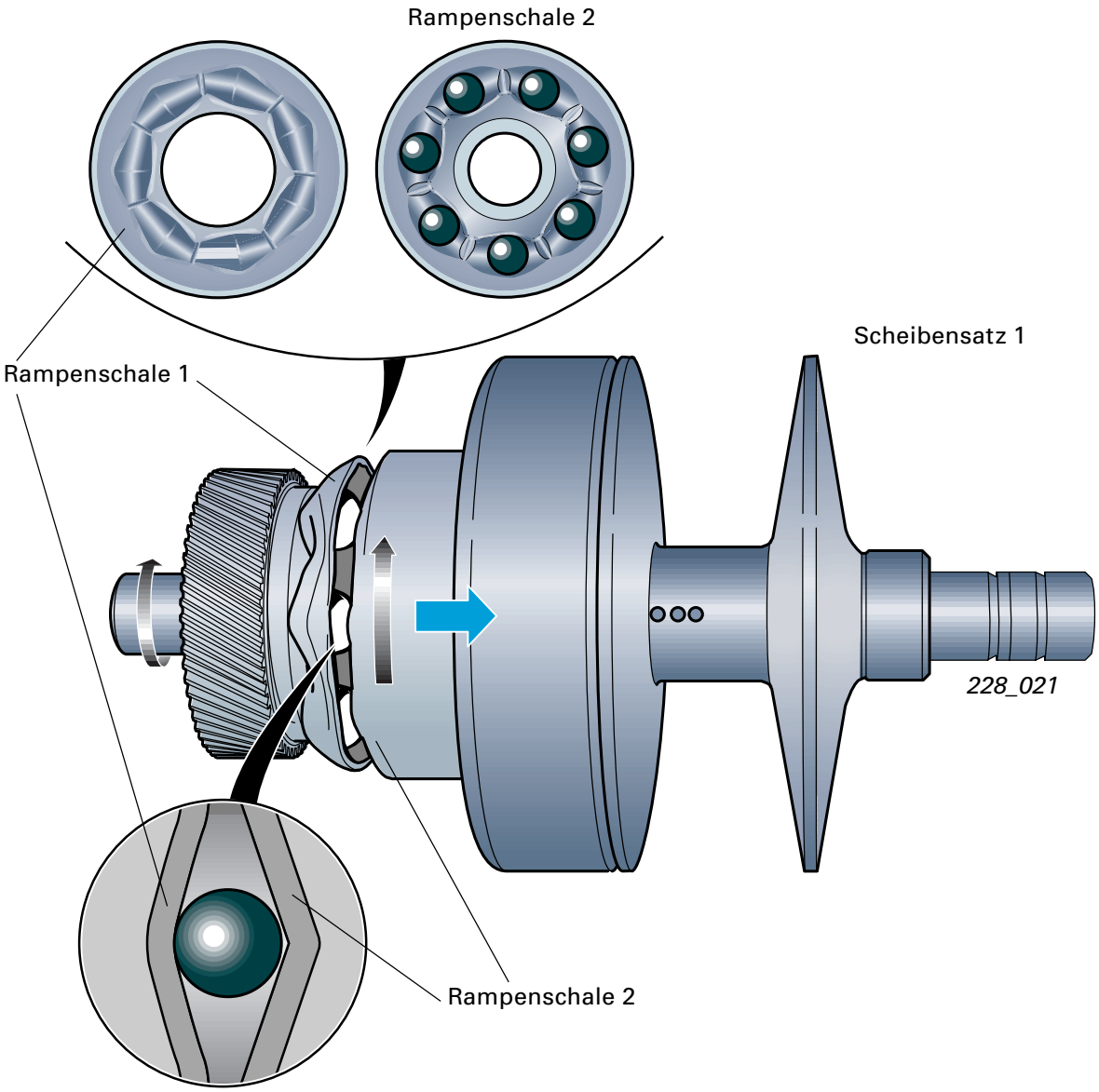
(Regelung der Anpresskraft)

Wie bereits beschrieben ergibt ein entsprechender Öldruck im Anpresszylinder eine resultierende Anpresskraft der Kegelscheiben. Ist diese zu gering, kommt es zum Rutschen der Kette und somit zu Schäden an Kette und Scheibensätzen. Ein zu hoher Anpressdruck führt hingegen zur Verschlechterung des Wirkungsgrades.

Ziel ist es deshalb, die Anpresskraft der Kegelscheiben den Erfordernissen entsprechend möglichst genau und sicher einzustellen.

Ein hydraulisch-mechanisch arbeitender Drehmomentfühler im Scheibensatz 1 erfasst das tatsächlich übertragene Moment statisch und dynamisch sehr genau und stellt den richtigen Öldruck in den Anpresszylindern ein.

Das Motormoment wird ausschließlich über den Drehmomentfühler in den Variator eingeleitet.
Der Anpressdruck wird rein mechanisch-hydraulisch vom Drehmomentfühler geregelt.

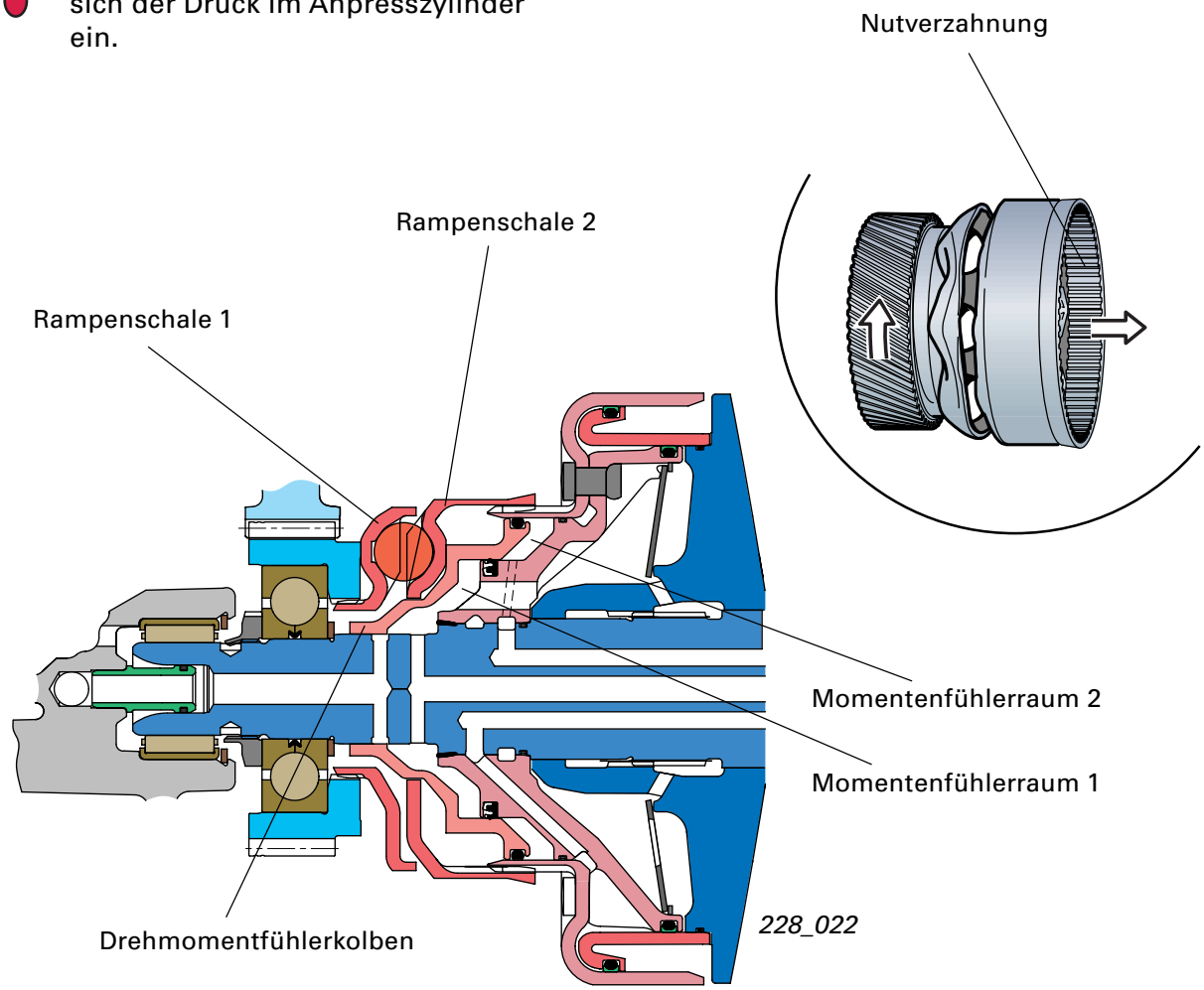


Aufbau und Funktion

Der Drehmomentfühler besteht im Wesentlichen aus zwei Schalen mit sieben Rampen, zwischen denen Stahlkugeln gelagert sind. Die Rampenschale 1 ist mit dem Abtrieb des Scheibensatzes 1 (Abtriebsrad Vorgelegestufe) formschlüssig verpresst. Die Rampenschale 2 ist mit dem Scheibensatz 1 über eine Nutverzahnung axial verschiebbar verbunden und stützt sich am Drehmomentfühlerkolben ab. Der Drehmomentfühlerkolben dient zur Regelung des Anpressdruckes und bildet das Gehäuse von Momentenfühlerraum 1 und 2.

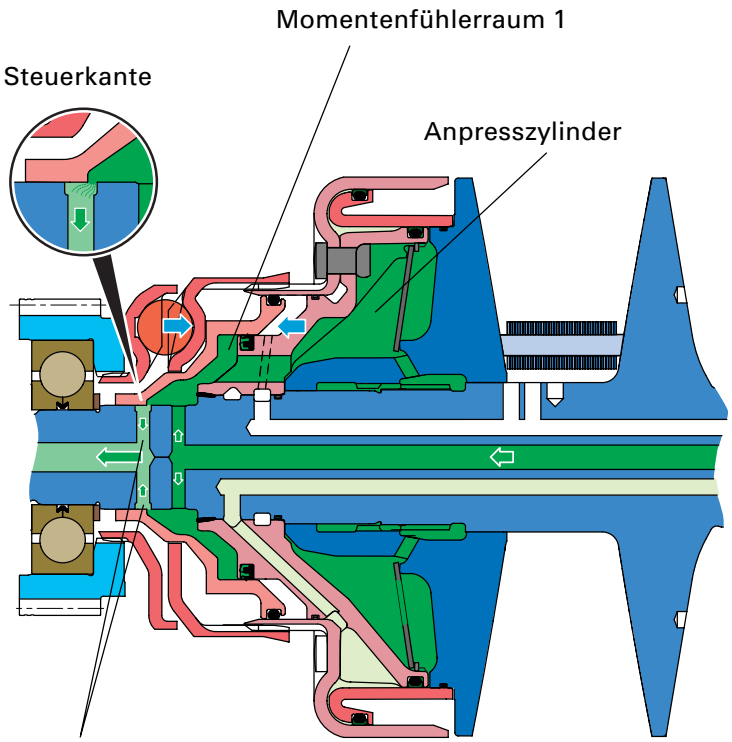
Die Schalen können sich radial gegeneinander verdrehen, wobei aufgrund der Geometrie von Rampen und Kugeln das Drehmoment in eine Axialkraft umgewandelt wird.
Diese Axialkraft wirkt auf die Rampenschale 2 und verschiebt den anliegenden Drehmomentfühlerkolben.
Dabei werden durch die Steuerkante des Drehmomentfühlerkolbens Abströmöffnungen im Momentenfühlerraum 1 verschlossen bzw. freigegeben.

Die vom Drehmomentfühler erzeugte Axialkraft dient als Steuerkraft, die proportional zum Motormoment ist. Entsprechend der Steuerkraft stellt sich der Druck im Anpresszylinder ein.



Der Momentenfühlerraum 1 steht mit dem Anpresszylinder direkt in Verbindung.

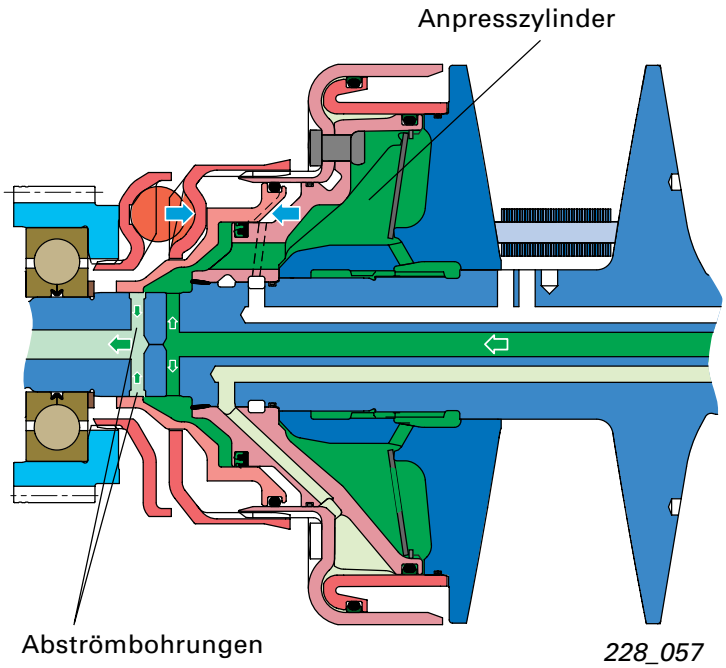
Das System ist so ausgelegt, dass die vom Motormoment erzeugte Axialkraft und der Druck im Anpresszylinder ein Kräftegleichgewicht bilden.
Bei konstantem Fahrbetrieb sind die Abströmbohrungen nur zum Teil verschlossen. Der durch die Steuerung der Abströmbohrungen (Drehmomentfühler) erzeugte Druckabfall moduliert den Druck im Anpresszylinder.



228_056

Erhöht sich das Antriebsmoment, werden die Abströmbohrungen durch die Steuerkante zunächst weiter verschlossen. Der Druck im Anpresszylindern steigt, bis erneut ein Kräftegleichgewicht herrscht.

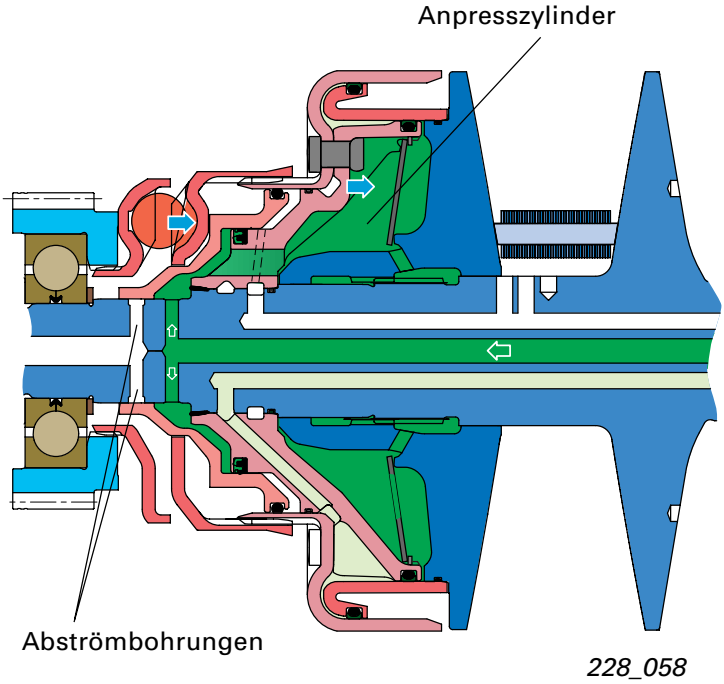
Verringert sich das Antriebsmoment, werden die Abströmbohrungen weiter geöffnet. Der Druck im Anpresszylinder wird geringer, bis sich das Kräftegleichgewicht wieder einstellt.



228_057

Bei Drehmomentspitzen überfährt die Steuerkante die Abströmbohrungen, bis sie verschlossen sind.
Bewegt sich der Drehmomentfühler noch weiter, wirkt er als Ölpumpe, wobei jetzt sehr schnell das verdrängte Ölvolumen den Druck in den Anpresszylindern erhöht und so den Anpressdruck ohne Zeitverzug anpasst.

Enorme Drehmomentspitzen entstehen z. B. beim Überfahren eines Schlagloches oder bei stark wechselnden Reibwerten der Fahrbahn (von Glatteis auf Asphalt).

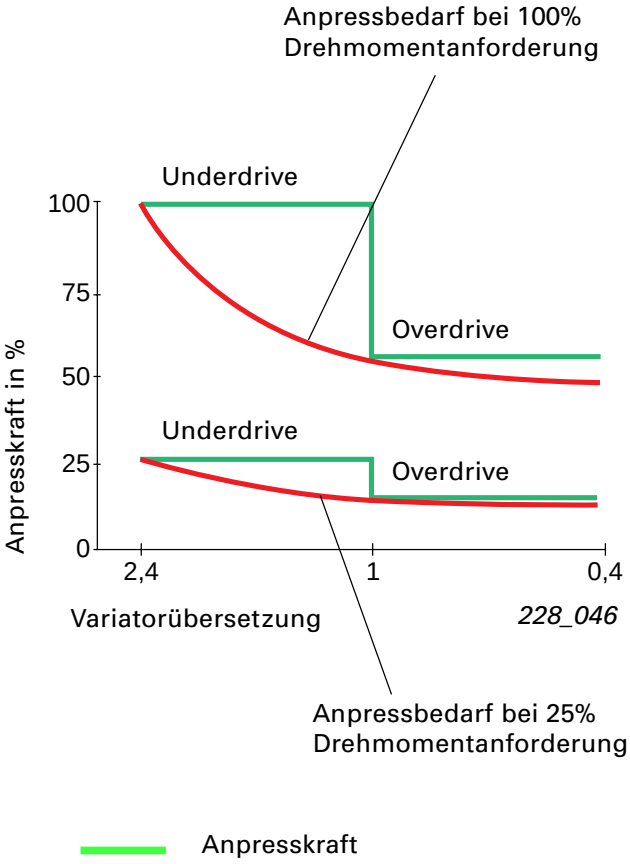


228_058

Anpassung des Anpressdrucks in Abhängigkeit von der Übersetzung

Der Anpressdruck der Kegelscheiben hängt nicht nur vom Antriebsmoment ab, sondern steht auch in Abhängigkeit zum Kettenlaufradius und somit zum momentanen Übersetzungsverhältnis des Variators.

Wie die Grafik zeigt, ist der Anpressbedarf bei der Anfahrübersetzung am größten.
Die Kette läuft im Scheibensatz 1 den kleinsten Radius. Trotz hohen Antriebsmoments ist zur Kraftübertragung nur eine geringe Anzahl von Wiegedruckstücken im Eingriff.
Deshalb erfolgt die Anpressung der Kegelscheiben bis zum Überschreiten eines definierten Übersetzungsverhältnisses (1:1) mit einer höheren Anpresskraft.



228_046

Funktion und Arbeitsweise

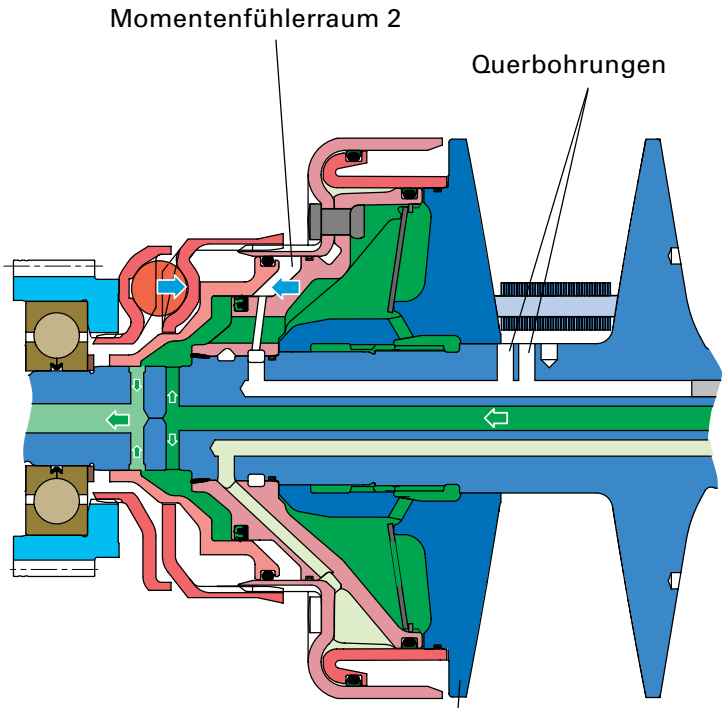
Die Anpassung der übersetzungsabhängigen Anpresskraft wird durch den Momentenfühlerraum 2 realisiert.
Durch Druckauf- bzw. -abbau im Momentenfühlerraum 2 wird das Druckniveau der Anpresszylinder variiert.
Gesteuert wird der Momentenfühlerraum 2 mit zwei Querbohrungen in der Welle des Scheibensatzes 1. Durch axiale Verschiebung der verstellbaren Kegelscheibe werden diese Querbohrungen geöffnet bzw. geschlossen.

Steht der Variator in der Anfahrübersetzung, sind die Querbohrungen geöffnet (Momentenfühlerraum 2 drucklos).

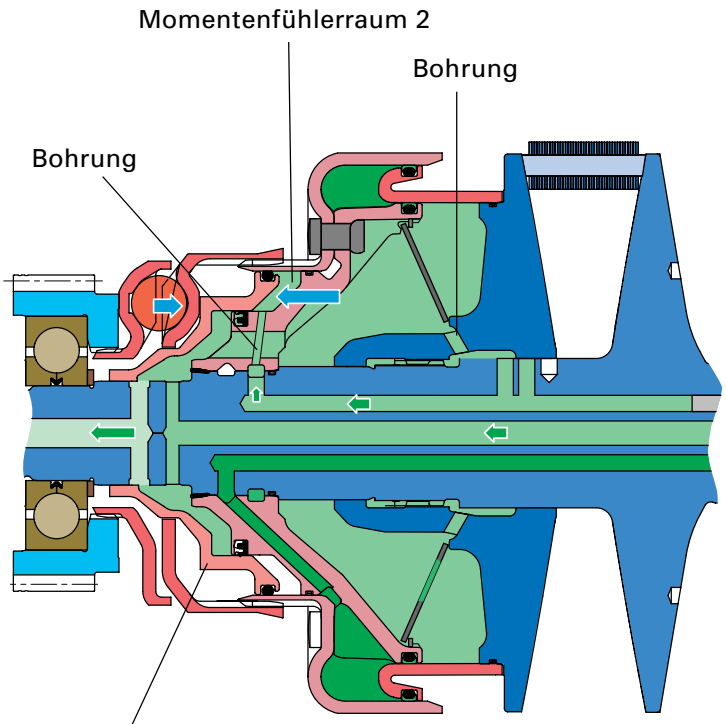
Verändert der Variator die Übersetzung ins „Schnelle", werden zunächst die Querbohrungen verschlossen. Ab einem definierten Übersetzungsverhältnis wird die linke Querbohrung geöffnet und steht jetzt über entsprechende Bohrungen in der verstellbaren Kegelscheibe mit dem Anpresszylinder in Verbindung.

Jetzt wird der Öldruck vom Anpresszylinder in den Momentenfühlerraum 2 geleitet. Dieser Druck wirkt der Axialkraft des Drehmomentfühlers entgegen und bewegt den Drehmomentfühlerkolben nach links.
Die Abströmbohrungen werden von der Steuerkante weiter geöffnet und der Öldruck im Anpresszylinder wird verringert.

Vorteil der zweistufigen Druckanpassung ist im Wesentlichen, dass bereits im mittleren Übersetzungsbereich mit niedrigem Anpressdruck gefahren wird, was den Wirkungsgrad positiv beeinflusst (siehe Bild 228_046 vorige Seite).



228_059



228_060

Die Fliehölhaube

Als weitere Besonderheit des Variators besitzt der Scheibensatz 2 eine „Fliehölhaube“, um dem dynamischen Druckaufbau im Anpresszylinder entgegenzuwirken.

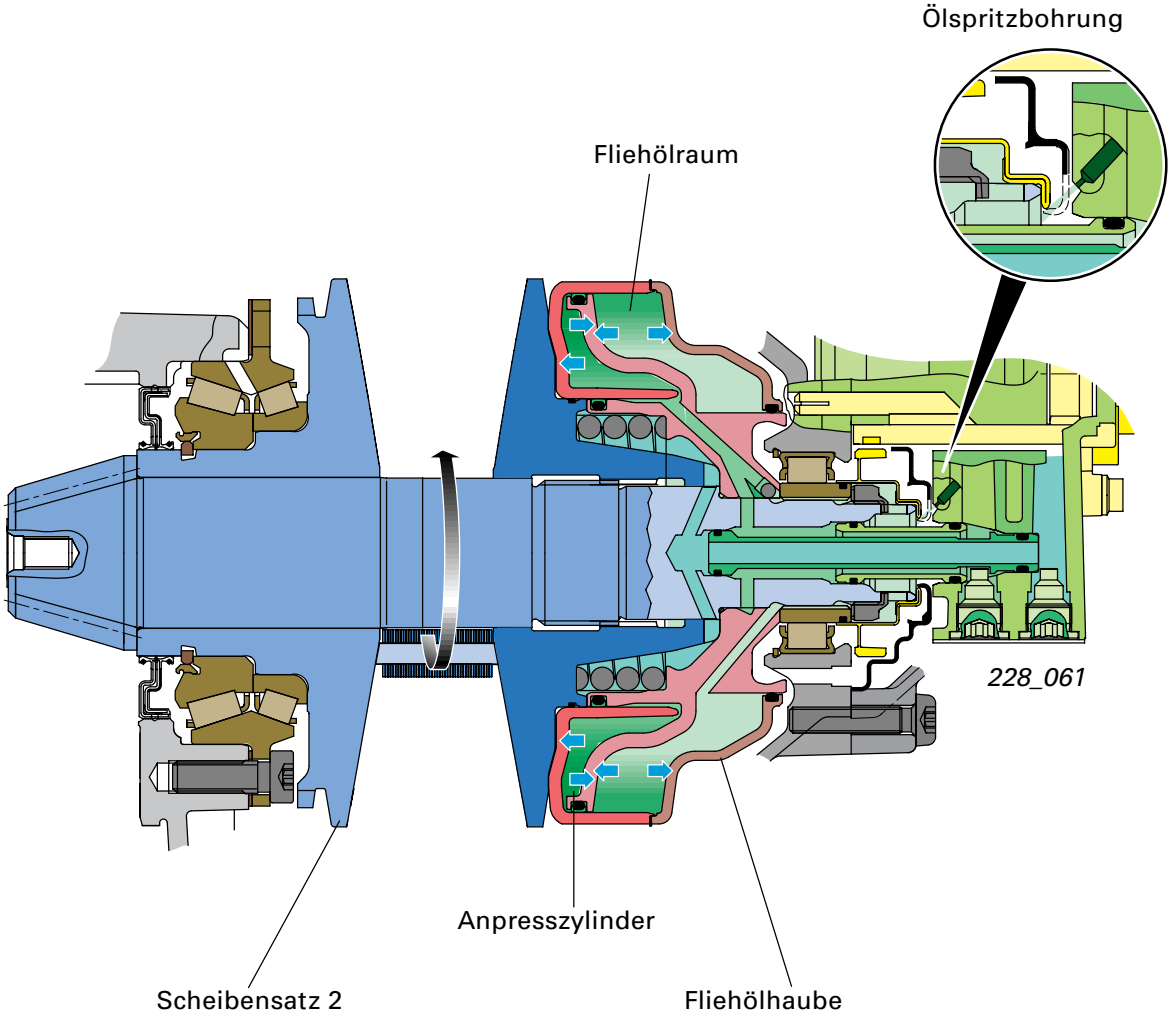
Bei höheren Drehzahlen ist, bedingt durch die Rotation, das Getriebeöl im Anpresszylinder hohen Fliehkräften (Zentrifugalkraft) ausgesetzt, was zu einem Ansteigen des Druckes führt. Man spricht von „dynamischem Druckaufbau“.

Ein dynamischer Druckaufbau ist nicht erwünscht, da er den Anpressdruck unnötig erhöht und die Übersetzungssteuerung negativ beeinflusst.

Das in der Fliehölhaube eingeschlossene Öl ist dem gleichen dynamischen Druckaufbau ausgesetzt wie im Anpresszylinder. Dadurch wird der dynamische Druckaufbau im Anpresszylinder ausgeglichen.

Die Ölversorgung des Fliehölraums erfolgt über eine Ölspritzbohrung direkt vom hydraulischen Steuergerät. Die Ölspritzbohrung spritzt kontinuierlich Öl in den Zulauf des Fliehölraums.

Reduziert sich das Volumen im Fliehölraum (beim Variieren der Übersetzung), wird das Öl über den Zulauf herausgedrückt.



Die Kette

Eine Schlüsselposition im Variator der multitronic® nimmt die Kette ein.

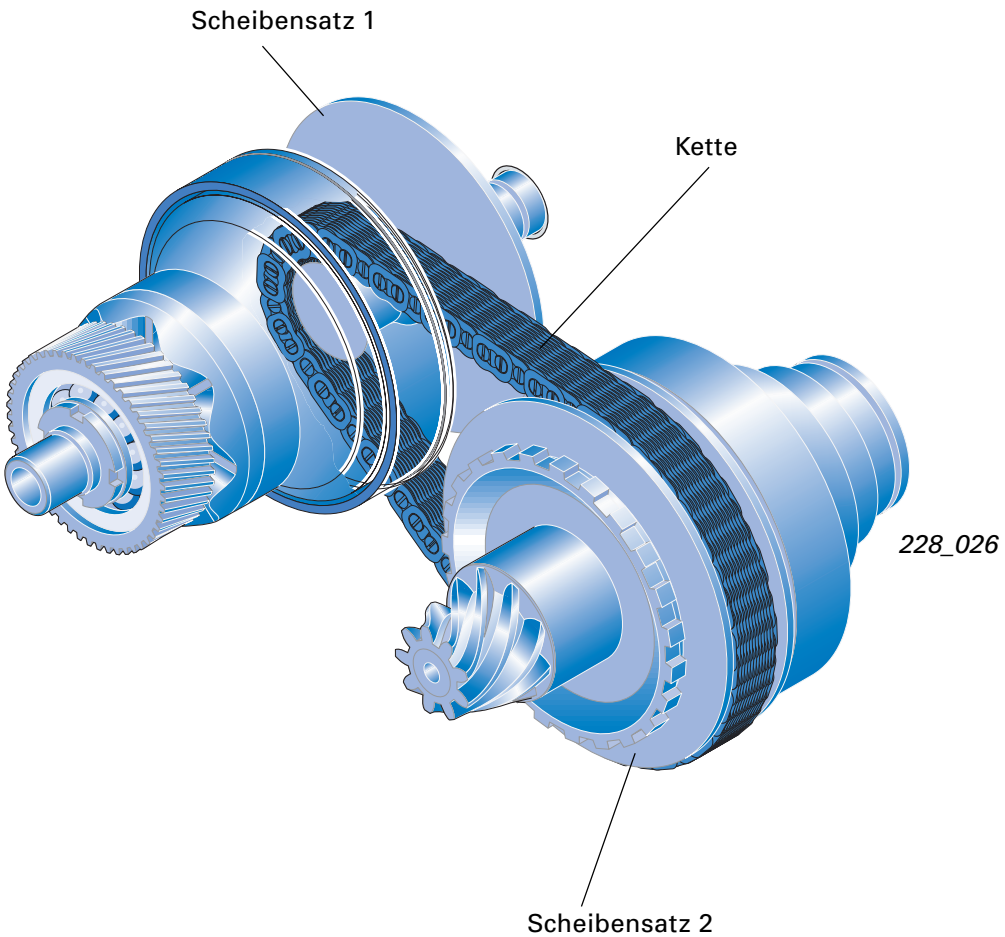
Erstmals kommt bei einem CVT-Getriebe eine Kette als „Umschlingungsmittel“ zum Einsatz.

Die Kette ist eine Neuentwicklung und weist gegenüber den bisher bekannten „Umschlingungsmitteln“ wie Schubglieder-band oder Keilriemen folgende Vorteile auf:

- Sehr kleine Laufradien ermöglichen eine große „Spreizung“ trotz geringer Baugröße des Variators.
- Großes übertragbares Drehmoment
- Hoher Wirkungsgrad

Die **Spreizung** gibt an, welchen Übersetzungsbereich ein Getriebe zur Verfügung stellt.

Die Spreizung wird als Verhältniszahl angegeben. Die Anfahrübersetzung dividiert durch die Spreizung ergibt die Endübersetzung.
Generell ist eine große Spreizung von Vorteil, da sowohl eine hohe Anfahrübersetzung (gute Dynamik) als auch eine geringe Endüber-setzung (niedriger Verbrauch) zur Verfügung stehen.
Insbesondere gilt dies natürlich für ein CVT-Konzept, da praktisch alle Zwischenstufen zur Verfügung stehen und es keinen unpassenden „Gangsprung“ mehr gibt.



Aufbau und Funktion

Bei einer herkömmlichen Kette sind die Kettenlaschen über den Gelenkbolzen beweglich miteinander verbunden. Zur Drehmomentübertragung greift ein Zahnrad zwischen den Laschen auf die Bolzen.

Anders die Technik bei der CVT-Kette.

Die CVT-Kette besteht aus den nebeneinander gereihten Kettenlaschen, die mit jeweils zwei Wiegedruckstücken endlos verbunden sind.

Bei der CVT-Kette werden die seitlich überstehenden Wiegedruckstücke zwischen den Kegelscheiben des Variators „eingeklemmt“, indem die Kegelscheiben gegeneinander gedrückt werden.

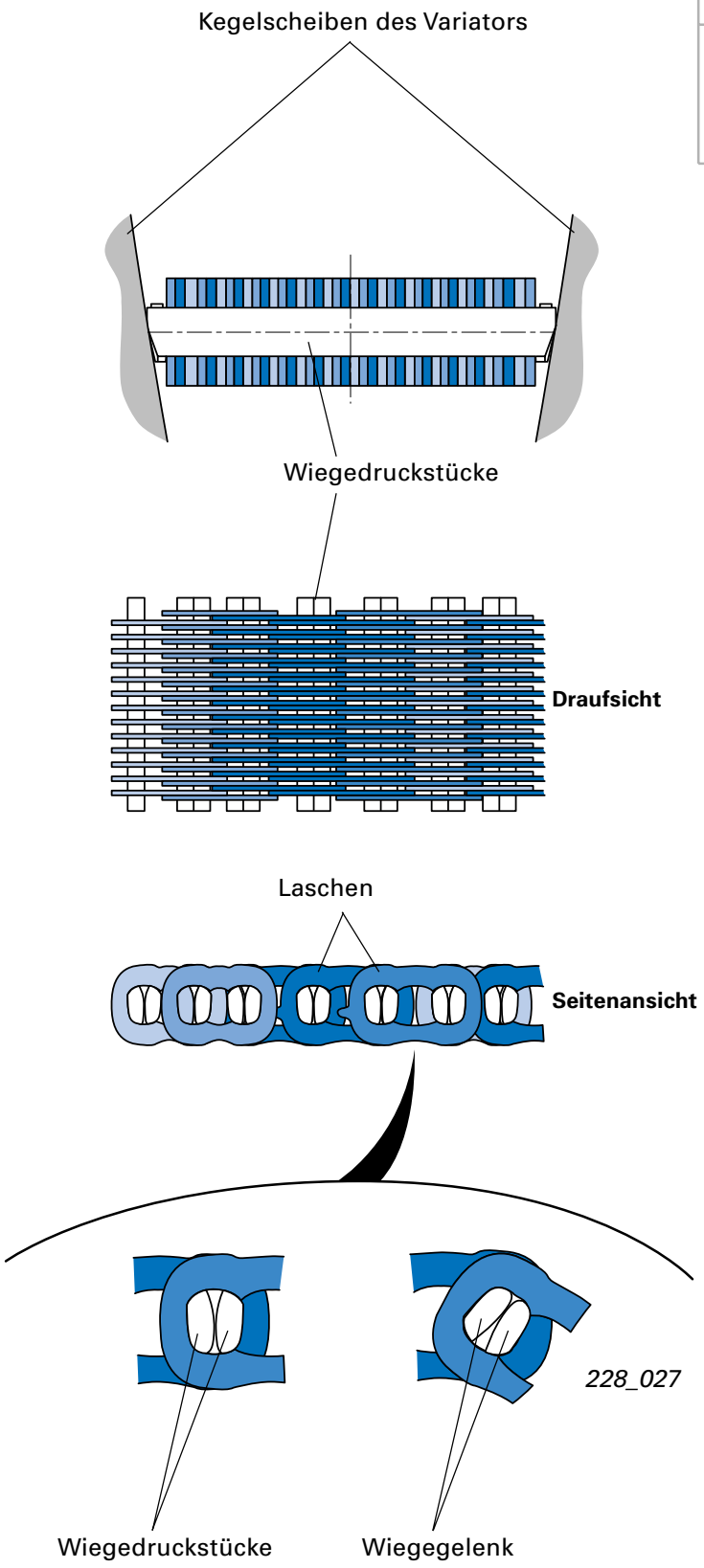
Das Drehmoment wird nur durch die Reibkraft zwischen Stirnfläche der Wiegedruckstücke zu den Anlageflächen der Kegelscheiben übertragen.

So funktioniert es:

Die Wiegedruckstücke sind jeweils mit einer Laschenreihe verdrehfest verbunden. Zwei Wiegedruckstücke bilden ein sogenanntes Wiegegelenk.

Die Technik besteht nun darin, dass sich beim „Umschlingen“ der Kette in den Laufradius der Kegelscheiben die Wiegedruckstücke aneinander abwälzen und somit fast reibungsfrei abrollen.

Auf diese Weise können trotz hoher Drehmomente und großer Beugewinkel Verlustleistung und Verschleiß auf ein Minimum reduziert werden. Dies führt zu langer Lebensdauer und optimalem Wirkungsgrad.

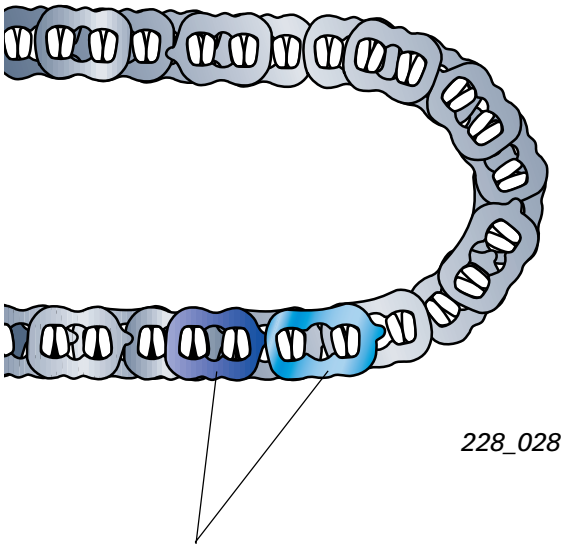


Akustikmaßnahmen

Um einen weitgehend geräuscharmen Lauf der Kette zu gewährleisten, werden zwei verschiedene Laschenlängen verwendet.

Bei der Verwendung einer konstanten Laschenlänge treffen die Wiegedruckstücke in gleichen Abständen auf die Kegelscheiben und erzeugen Schwingungen, die unangenehme Geräusche verursachen.

Durch Verwendung verschiedener Laschenlängen wird die Resonanz gestört und das Laufgeräusch minimiert.



228_028

Die Ölversorgung

Bei der multitronic® hängt die Kraftübertragung sowohl von der Stromversorgung als auch von der Hydraulik ab.

Ohne Strom und ausreichende Ölversorgung läuft nichts.

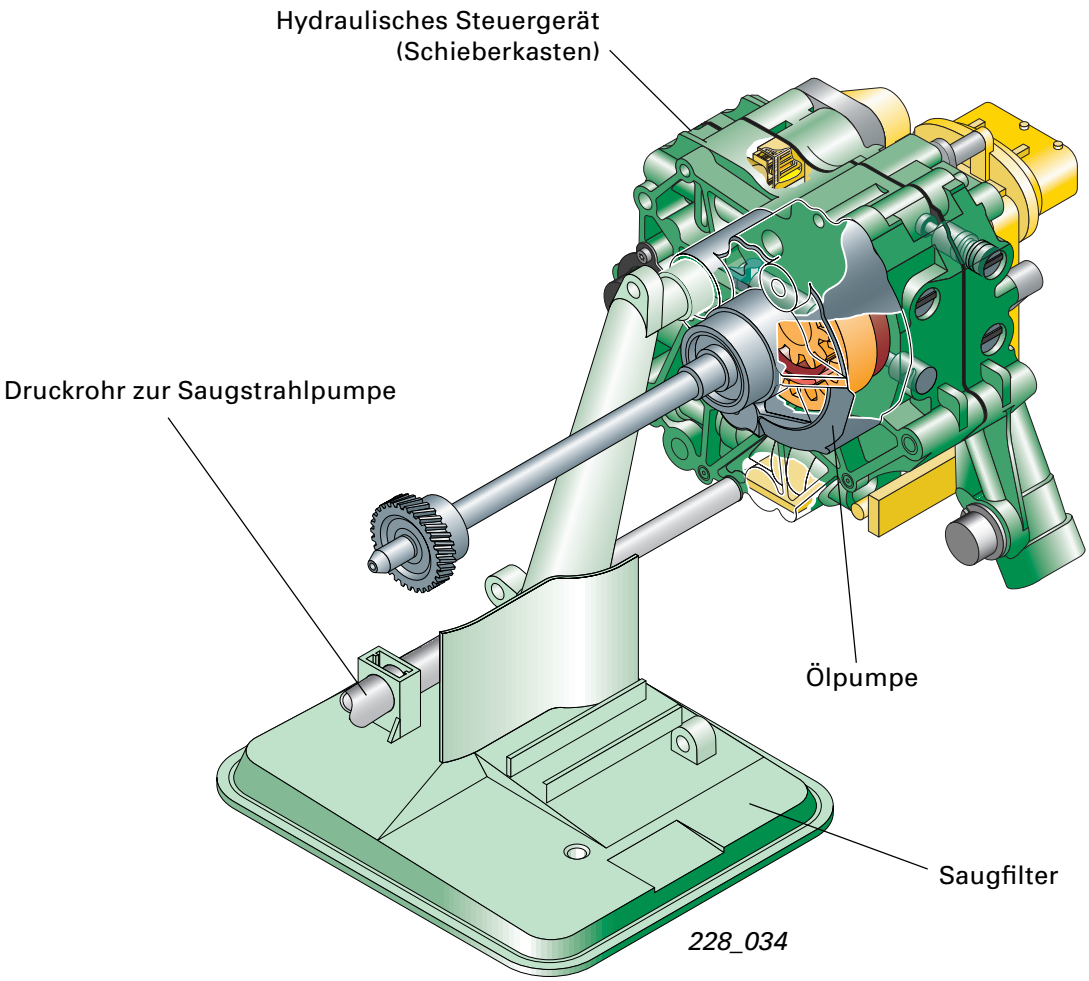
Die dazu von der Ölpumpe aufgebrachte Pumpleistung stellt den Hauptenergiebedarf des Getriebes dar und ist somit maßgebend für dessen Gesamtwirkungsgrad.

Die bisher beschriebenen Systeme wurden deswegen auf geringsten Ölbedarf konstruiert und eine innovative Ölversorgung entwickelt.

Die Ölpumpe

Zur Vermeidung von unnötigen Schnittstellen ist die Ölpumpe direkt an das hydraulische Steuergerät montiert. Diese Bauart bildet zusammen mit dem Steuergerät eine kompakte Einheit, verringert die Druckverluste und ist zudem kostengünstig in der Fertigung.

Die multitronic® ist mit einer wirkungsgradoptimierten Sichelpumpe ausgestattet. Sie liefert die erforderlichen Drücke bei vergleichsweise geringer Ölmenge.
Eine Saugstrahlpumpe liefert zusätzlich die geforderte Ölmenge bei niedrigem Druck für die Kupplungskühlung.
Die Sichelpumpe ist als kompaktes Bauteil in das hydraulische Steuergerät integriert und wird direkt von der Eingangswelle über Stirnrad und Pumpenwelle angetrieben.



Getriebe-Baugruppen

Als Besonderheit der Ölpumpe ist hier der Axialspalt- sowie der Radialspaltausgleich zu nennen.

Um bei niedrigen Drehzahlen bereits hohe Drücke realisieren zu können, ist eine Pumpe erforderlich, die eine gute „interne Abdichtung" aufweist.

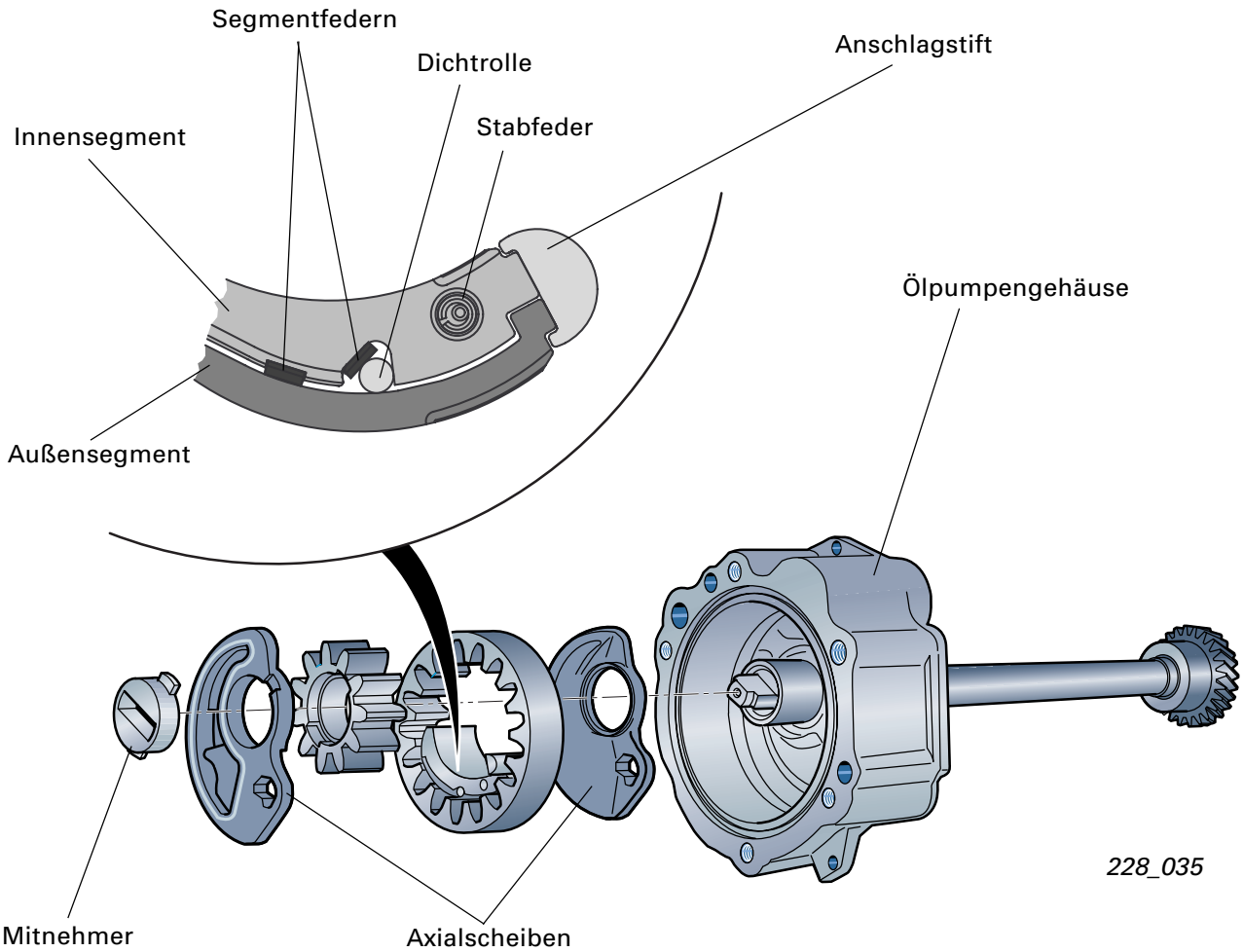
Aufgrund von Bauteiltoleranzen erfüllen Ölpumpen in herkömmlicher Bauweise diese Anforderungen nicht.

Mit „interner Abdichtung" ist die innere Dichtheit der Pumpe gemeint.

Je nach Toleranzlage der Bauteile sind die axialen Spalte (Spiele) zwischen den Zahnrädern und dem Gehäuse sowie die radialen Spalte (Spiele) zwischen den Zahnrädern und der Sichel größer oder kleiner.

Der erzeugte Druck kann so mehr oder weniger „intern" entweichen.

Die Folge ist Druckverlust und die Minderung des Wirkungsgrades.

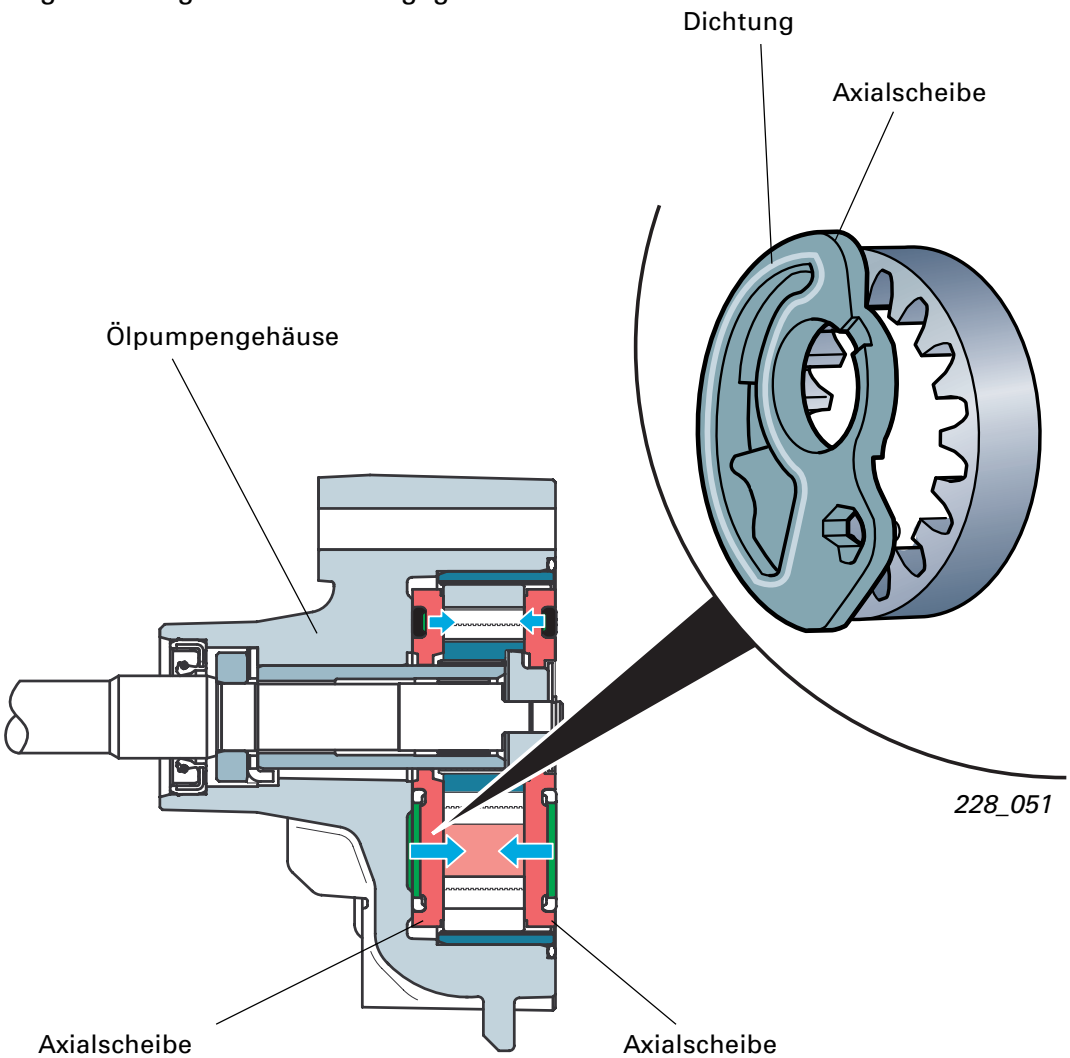


Der Axialspaltausgleich

Zwei Axialscheiben überdecken den Druckbereich der Pumpe und bilden ein separates Druckgehäuse in der Pumpe. Sie dichten den Pumpendruckraum seitlich (axial) ab. Dabei stützen sie sich, mit spezieller Dichtung versehen, gegen das Ölpumpengehäuse bzw. die Pumpenplatte des hydraulischen Steuergeräts.

Die Axialscheiben sind so ausgeführt, dass der Pumpendruck zwischen den Axialscheiben und dem Gehäuse wirken kann. Die Dichtung sorgt dafür, dass der Druck nicht entweichen kann. Mit steigendem Pumpendruck werden die Axialscheiben stärker an die Sichel sowie an die Pumpenräder gedrückt und somit das axiale Spiel ausgeglichen.

Durch den Axialspalt- und Radialspaltausgleich erreicht man trotz kompakter Bauweise die geforderten hohen Drücke bei gleichzeitig hohem Wirkungsgrad.

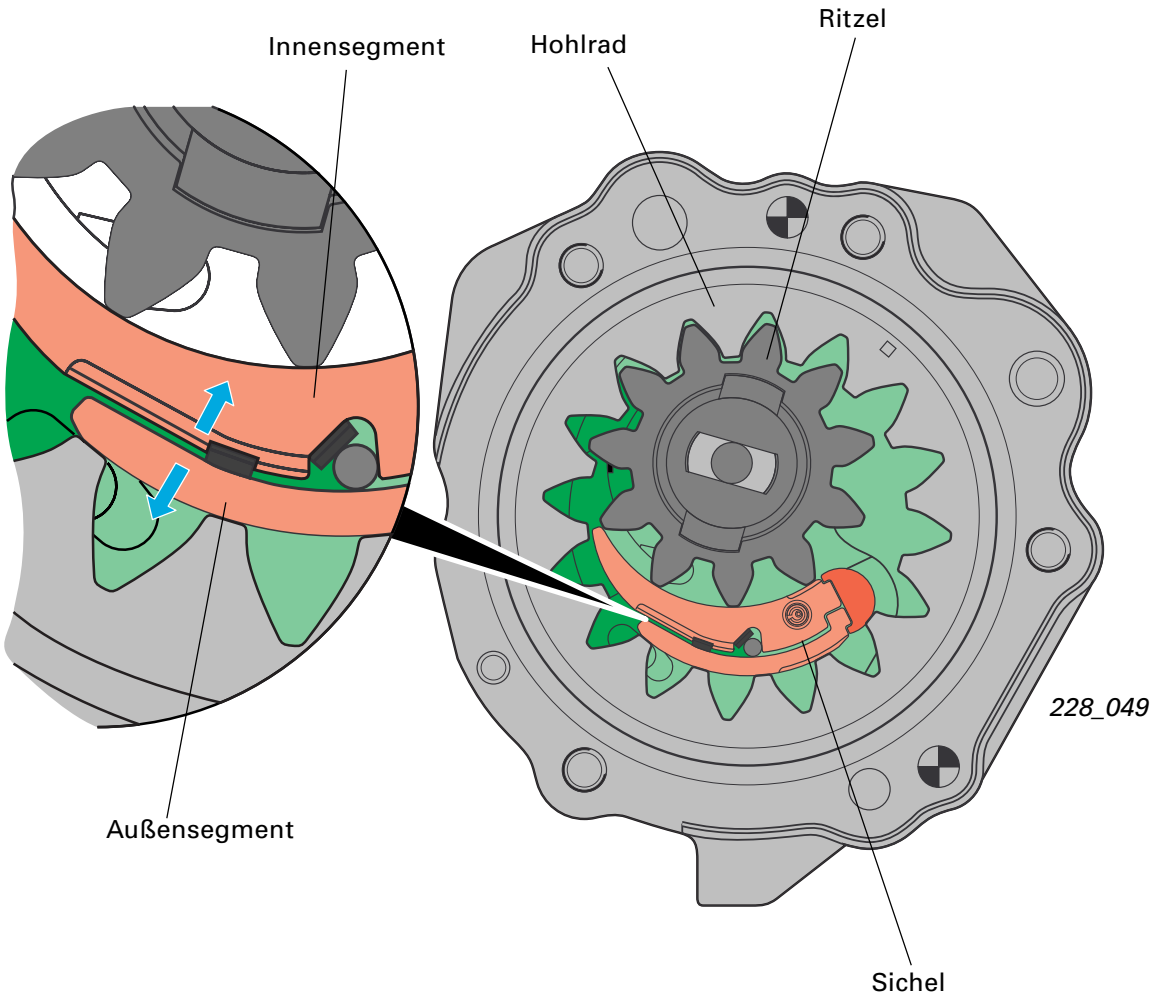


Der Radialspaltausgleich

Der Radialspaltausgleich kompensiert die radialen Spalte zwischen Sichel und Zahnrädern (Ritzel und Hohlrad).
Dazu ist die Sichel in zwei Segmente geteilt, das **Innensegment** und das **Außensegment**.

Das Innensegment dichtet den Druckraum zum Ritzel ab. Außerdem hält es das Außensegment in radialer Richtung.
Das Außensegment dichtet den Druckraum zum Hohlrad ab.
Der Pumpendruck gelangt zwischen die beiden Segmente und mit steigendem Pumpendruck werden sie stärker gegen Ritzel und Hohlrad gedrückt, wobei der radiale Spalt ausgeglichen wird.

Die Segmentfedern sorgen in drucklosem Zustand für eine Grundanpressung der Segmente sowie der Dichtrolle und verbessern das Ansaugverhalten der Ölpumpe.
Sie stellen außerdem sicher, dass der Pumpendruck zwischen den Segmenten und auf die Dichtrolle wirken kann.



Die Saugstrahlpumpe

Die ausreichende Kühlung der beiden Kupplungen erfordert vor allem beim Anfahren (hohe Wärmeentwicklung durch Schlupf) größere Ölmengen als die Innenzahnradpumpe liefern kann.
Um die zur Kupplungskühlung erforderliche Ölmenge bereitzustellen, ist in das Kupplungskühlsystem eine Saugstrahlpumpe integriert.

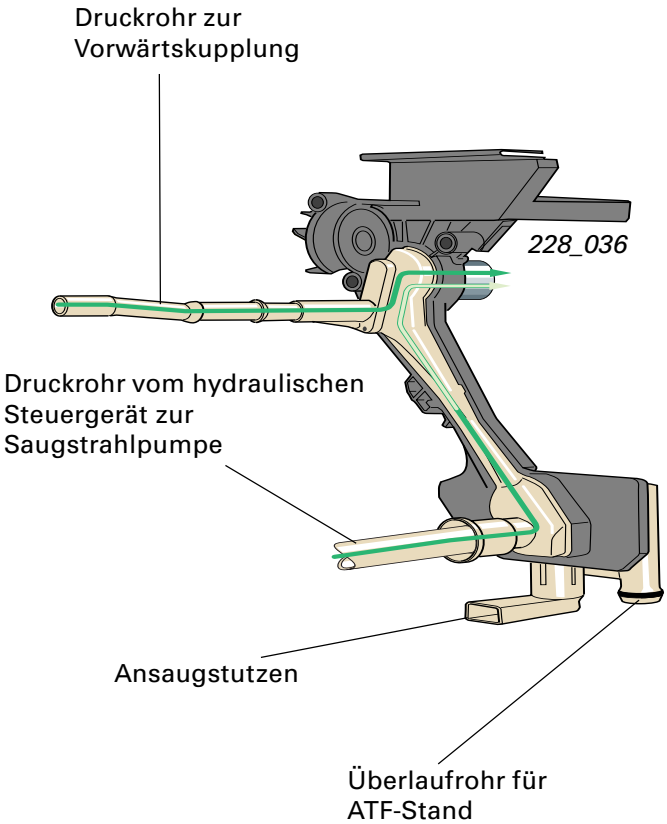
Die Saugstrahlpumpe ist in Kunststoff ausgeführt und ragt tief in den Ölsumpf.

So funktioniert es:

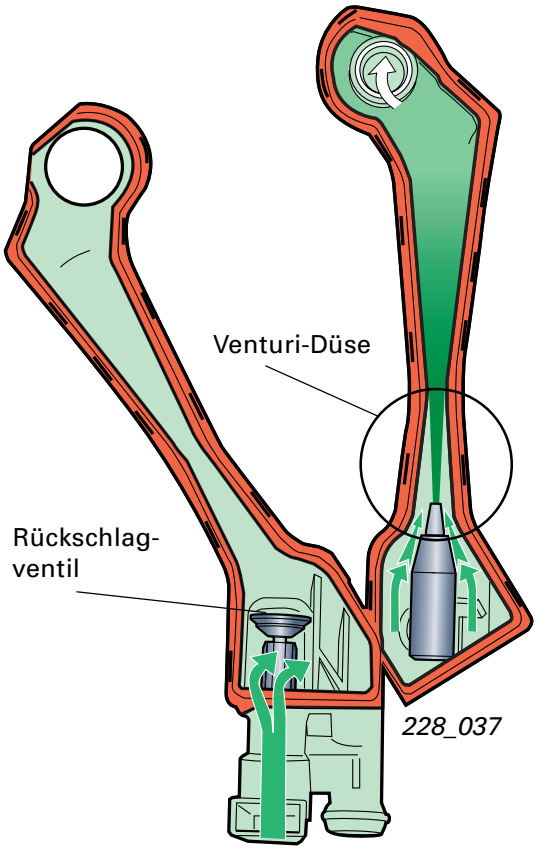
Die Saugstrahlpumpe arbeitet nach dem Venturi-Prinzip.
Bei Kühlbedarf wird das von der Ölpumpe bereitgestellte Kühlöl (Drucköl) als „Treibstrahl“ durch die Saugstrahlpumpe geleitet. Beim Durchströmen entsteht ein Unterdruck, der Öl aus dem Ölsumpf ansaugt und zusammen mit dem Treibstrahl eine große, fast drucklose Ölmenge bildet.
Somit wird die Kühlölmenge im Bedarfsfall ohne zusätzliche Pumpenleistung nahezu verdoppelt.

Ein Rückschlagventil verhindert ein Leerlaufen der Saugstrahlpumpe und ermöglicht ein schnelles Ansprechen der Kühlölförderung.

Ansicht Saugstrahlpumpe



Saugstrahlpumpe geschnitten und aufgeklappt

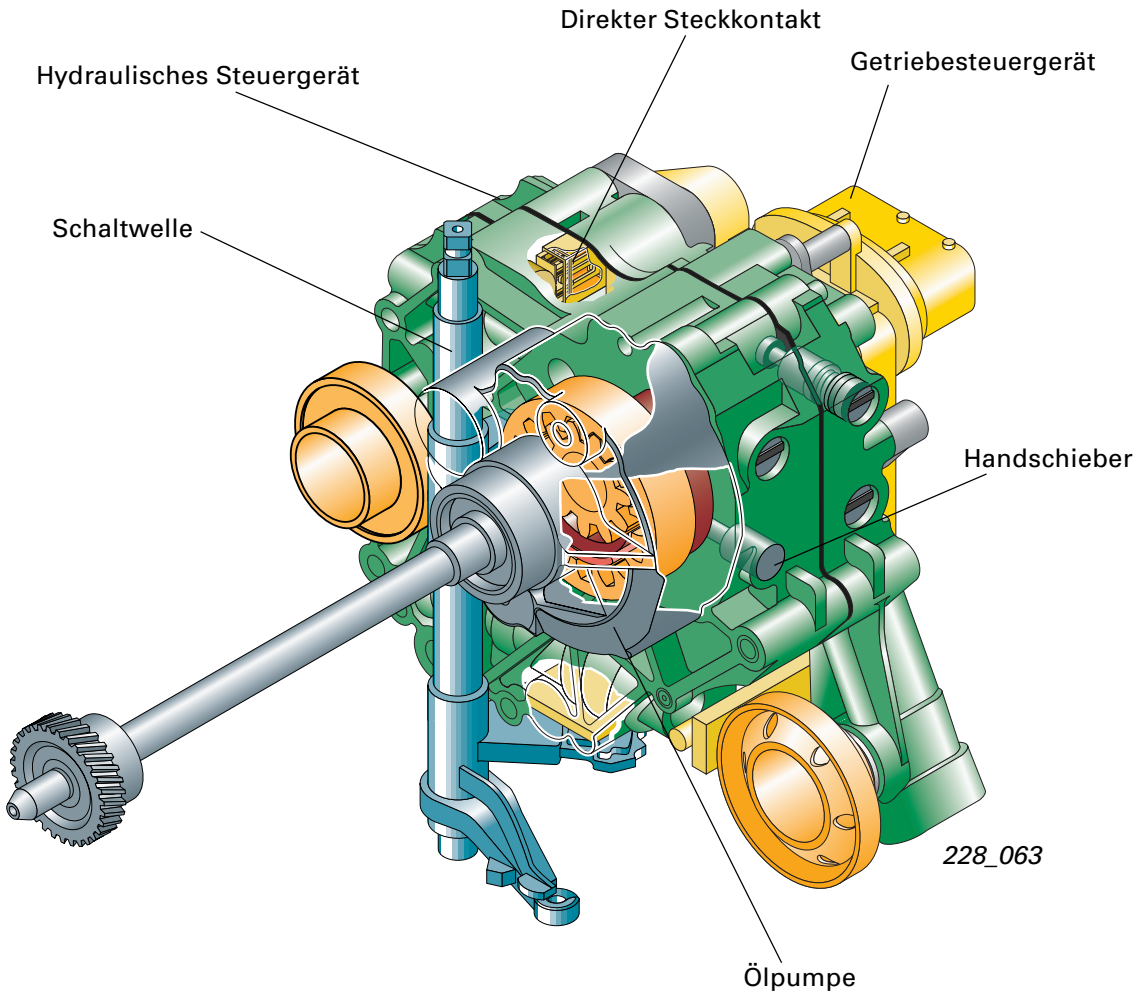


Elektronisch-hydraulische Steuerung

Als Neuheit ist die Zusammenfassung von Ölpumpe, hydraulischem Steuergerät (Schieberkasten) und Getriebesteuergerät zu einer kompakten, komplett montierten Einheit zu nennen.

Das hydraulische Steuergerät beinhaltet den Handschieber, neun hydraulische Ventile und drei elektromagnetische Drucksteuerventile.

Das hydraulische Steuergerät und das Getriebesteuergerät sind elektrisch mit direkten Steckkontakten miteinander verbunden.

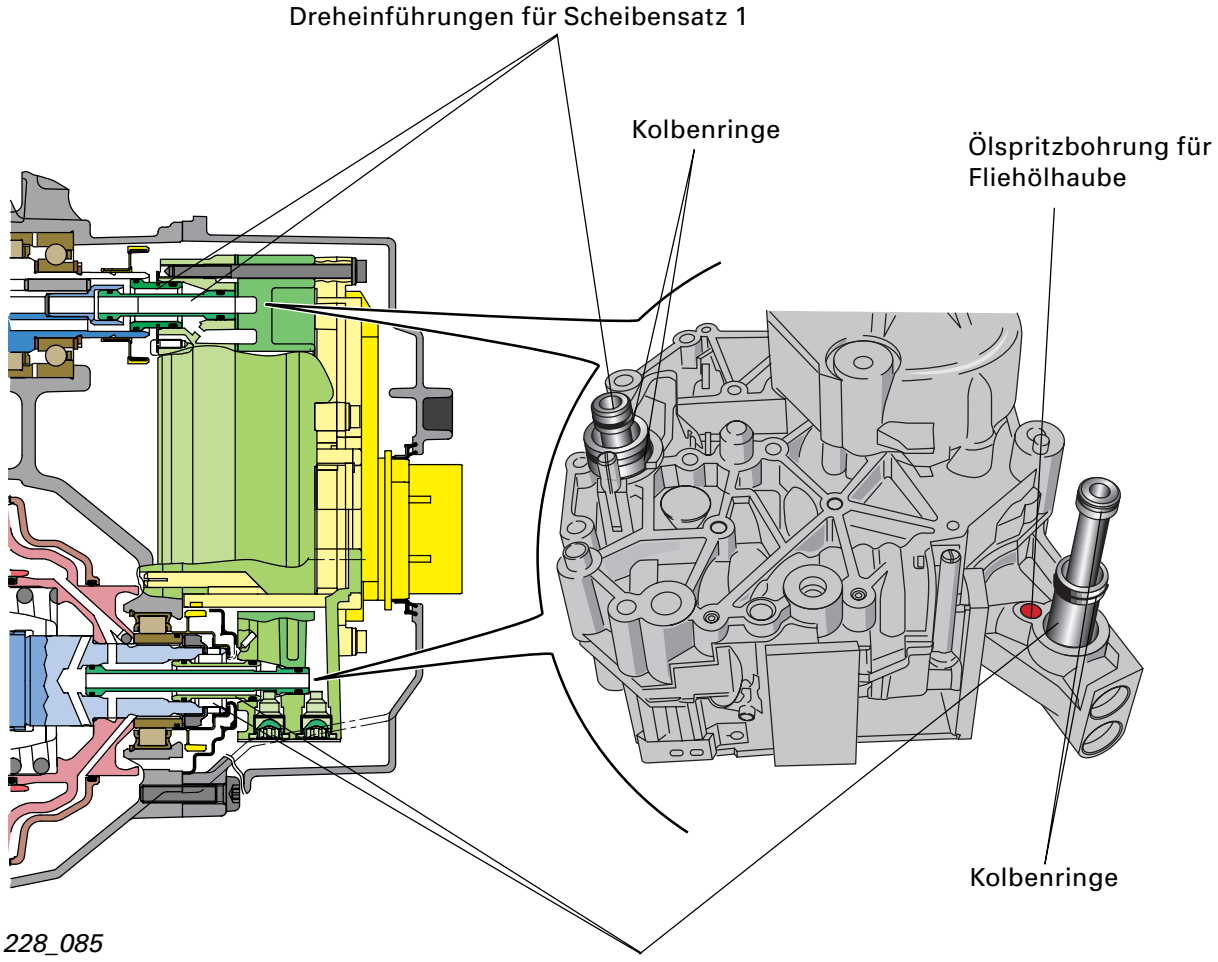


Folgende Funktionen werden vom hydraulischen Steuergerät ausgeführt:

- Steuerung der Vorwärts-Rückwärtskupplung
- Kupplungsdruckregelung
- Kupplungskühlung
- Druckölversorgung der Anpressregelung
- Übersetzungssteuerung
- Versorgung der Fliehölhaube

Über sogenannte „Dreheinführungen" steht das hydraulische Steuergerät direkt mit dem Scheibensatz 1 bzw. dem Scheibensatz 2 in Verbindung.

Die Dreheinführungen sind über Kolbenringe abgedichtet.



228_085

Getriebe-Baugruppen

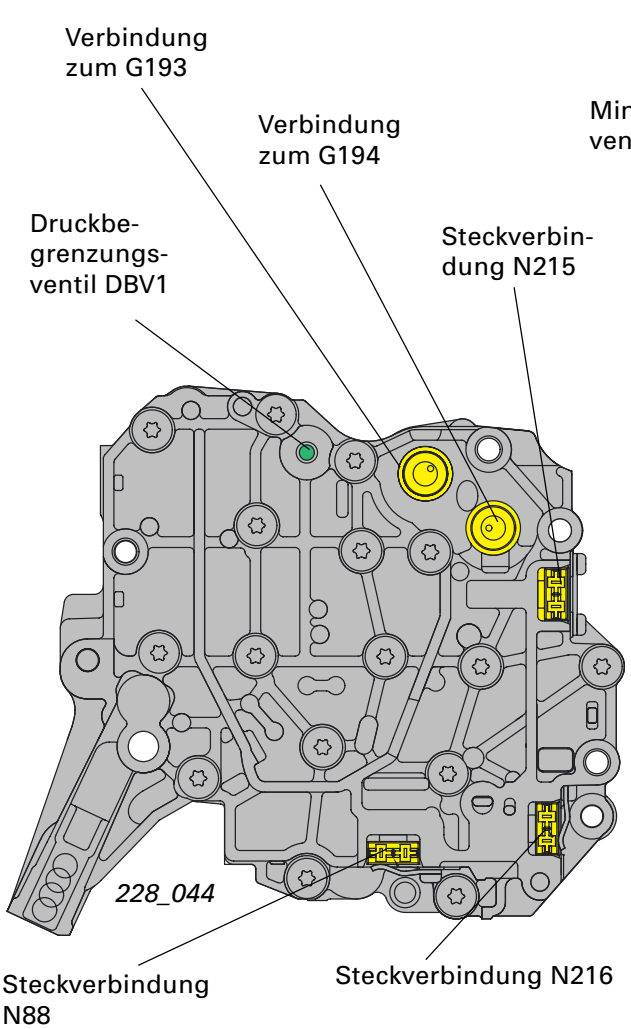
Nachfolgend die Beschreibung der Ventile, soweit sie in den Baugruppen/Funktionen noch nicht behandelt wurden.

Zum Schutz der Bauteile begrenzt das **Druckbegrenzungsventil DBV1** den Pumpendruck auf max. 82 bar.

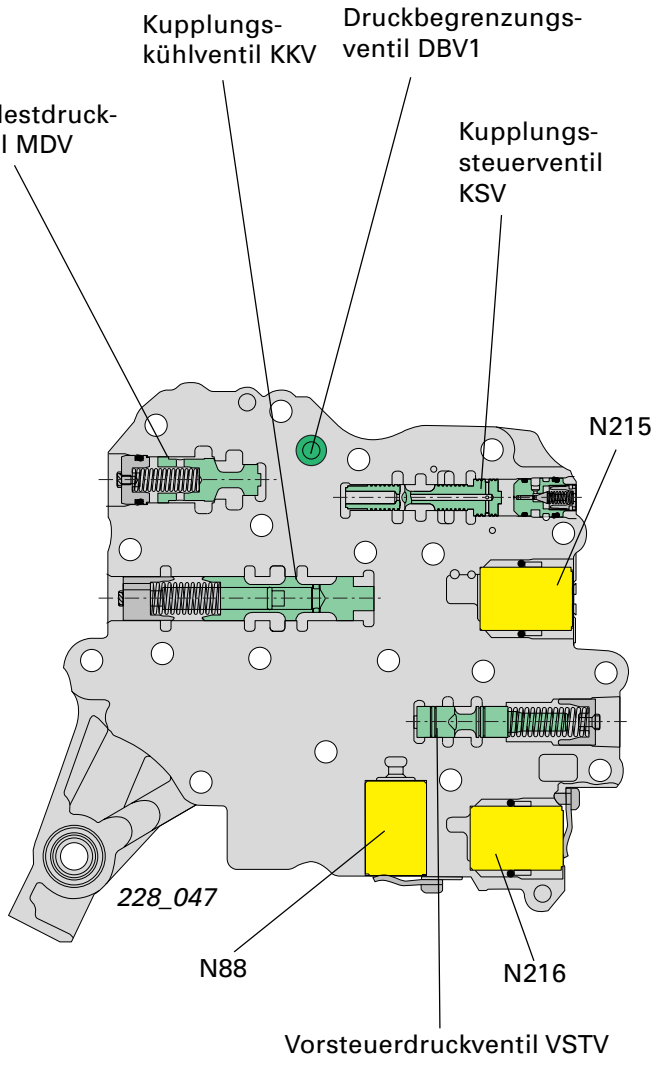
Über das **Vorsteuerdruckventil VSTV** werden die Drucksteuerventile mit einem konstanten Vorsteuerdruck von 5 bar versorgt.

Das **Mindestdruckventil MDV** verhindert, dass die Ölpumpe während des Motorstarts Luft ansaugt.
Bei hoher Pumpleistung öffnet das MDV und leitet das vom Ölrücklauf kommende Öl zur Saugseite der Ölpumpe, wodurch der Wirkungsgrad verbessert wird.

Hydraulisches Steuergerät (Getriebesteuergerät abgebaut)



Schnitt Ventilplatte

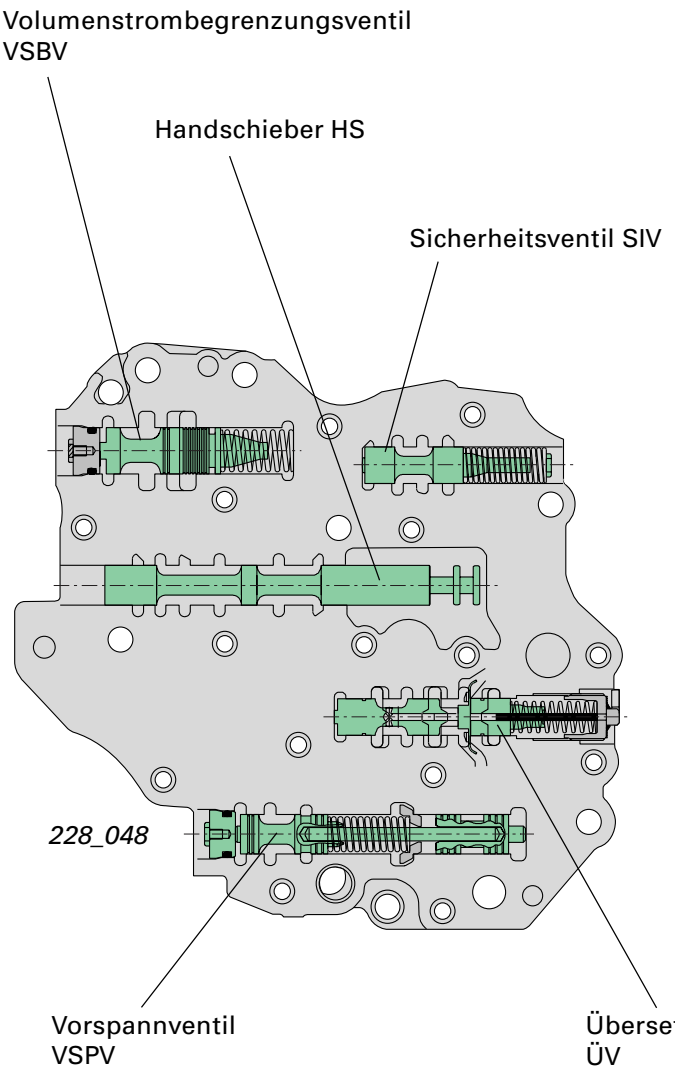


Das **Vorspannventil VSPV** steuert den Systemdruck so, dass immer ausreichend Öldruck für die jeweilige Funktion (Anpressung oder Verstellung) zur Verfügung steht.

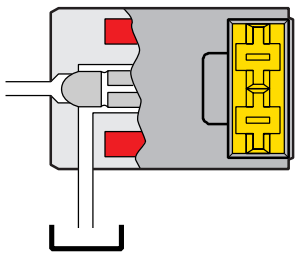
Die Ventile **N88**, **N215** und **N216** sind als sogenannte Drucksteuerventile ausgeführt. Sie setzen einen elektrischen Steuerstrom in einen proportionalen, hydraulischen Steuerdruck um.

Das **N88** (Magnetventil 1) erfüllt zwei Funktionen: Es steuert das Kupplungskühlventil KKV und das Sicherheitsventil SIV an.
Das **N215** (Druckregelventil 1 für autom. Getriebe) steuert das Kupplungssteuerventil KSV an.
Das **N216** (Druckregelventil 2 für autom. Getriebe) steuert das Übersetzungsventil ÜV an.

Schnitt Pumpenplatte

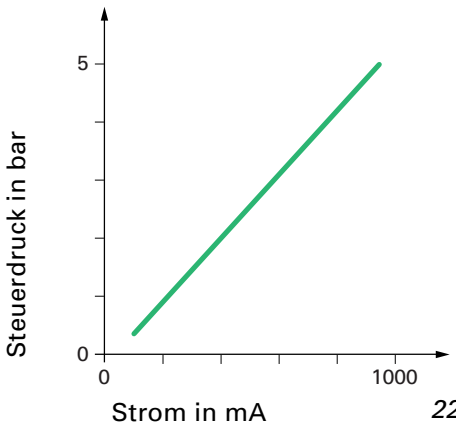


Drucksteuerventil
(Proportionalventil)



228_101

Diagramm Drucksteuerventil

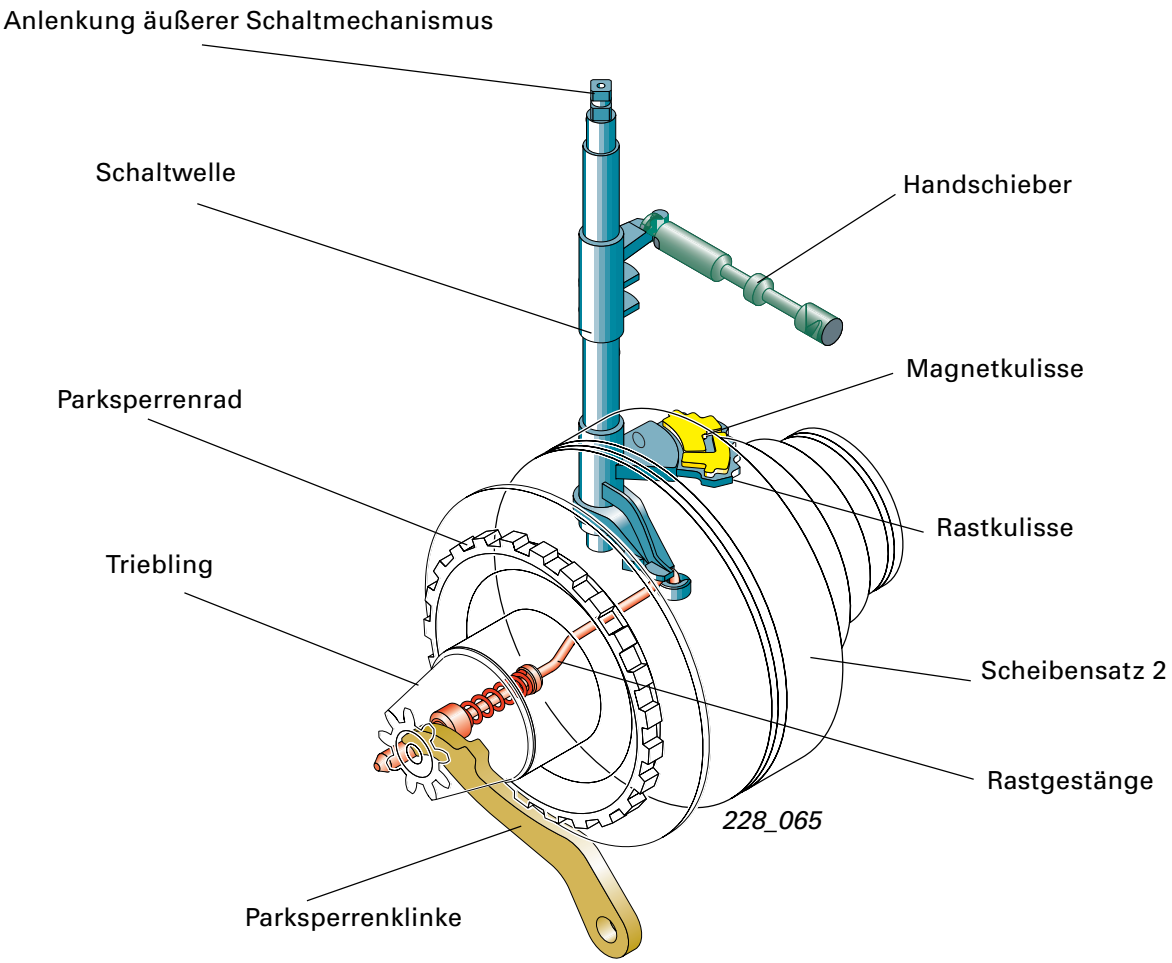


228_100

Schaltwelle und Parksperre

Nach wie vor besteht eine mechanische Verbindung (Seilzug) zwischen Wählhebel und Getriebe zur Übertragung der Wählhebelstellungen P, R, N und D.

Über die Schaltwelle werden folgende Funktionen ausgeführt:

- Betätigung des Handschiebers im hydraulischen Steuergerät und damit die mechanisch-hydraulische Festlegung des Fahrzustandes (Vorwärts/Rückwärts/Neutral)
- Betätigung der Parksperre
- Betätigung des Multifunktionsschalters zur elektrischen Erkennung der Wählhebelstellung

In Wählhebelstellung P wird das Rastgestänge axial verschoben, sodass die Parksperrenklinke gegen das Parksperrenrad gedrückt wird und damit die Parksperre eingelegt ist.
Das Parksperrenrad ist mit dem Triebling fest verbunden.