

ZF Lenksysteme für Nutzfahrzeuge

Viele Tonnen sicher im Griff – und was dahinter steckt.

ZF Lenksysteme GmbH



www.zf-lenksysteme.com

Die Lenkung ist so etwas wie die Seele des Nutzfahrzeugs. Der Fahrer steht mit ihr in ständigem Kontakt, spürt über die Lenkung den Zustand der Straße und die Reaktion des Fahrzeugs. Hier entscheidet sich die Qualität der Lenkung, wenn sie einerseits leichtgängig und komfortabel arbeitet, andererseits möglichst viel Rückmeldung von der Straße zulässt. Dazu gehört ein sorgfältig abgestimmtes Zusammenspiel von präziser Mechanik und fein regelbarer Hydraulik, das wir mit unseren Lenksystemen perfektioniert haben. Sie werden von den Fahrzeugherstellern bevorzugt, weil sie kompakt und zuverlässig sind, von den Fahrern, weil sie komfortabel und präzise sind. Ein derart hohes technisches Niveau erreicht nur, wer das ganze System beherrscht.

Deshalb widmen wir uns allen Komponenten. Lenksäulen, Lenkungspumpen, Ventile, Ölbehälter und andere Peripherieteile tragen ihren Teil zur Zuverlässigkeit bei.

ZF Lenksysteme. Steuern in Richtung Zukunft.

Als Gemeinschaftsunternehmen der Robert Bosch GmbH und der ZF Friedrichshafen AG fertigt ZF Lenksysteme GmbH seit Jahrzehnten Servolenkungen für Personen- und Nutzkraftwagen (Pkw und Nkw). Dabei werden alle genannten Anforderungen lückenlos erfüllt. Das bewährte Lenkungsprinzip der Kugelmutter-Hydrolenkung wurde mit der ZF-Servocom kontinuierlich weiterentwickelt, durch zahlreiche Patente geschützt und auf die speziellen Fahrzeugauslegungen abgestimmt. Und für vielfältigste Sonderanwendungen und zur Erfüllung von gesetzlichen Sicherheitskriterien kommen konsequenterweise unsere Halblock und Zweikreislenkungen zum Einsatz.

Ein herausragendes Ergebnis innovativer Weiterentwicklung ist die ZF-Servocomtronic. Diese auf der Basis der Servocom aufgebaute Lenkung wird elektronisch gesteuert und arbeitet geschwindigkeitsabhängig. Sie zeichnet sich durch leichtes, komfortables Lenken beim Rangieren sowie ein sicheres Fahrgefühl bei zunehmender Geschwindigkeit aus.

Neue Wege wurden auch auf dem Gebiet der Hinterachs-Lenkanlagen beschritten. Die ZF-Servocom RAS (**R**ear **A**xle **S**teering), die auch zum nachträglichen Einbau geeignet ist, und die elektronisch gesteuerte ZF-Servocom RAS-EC (**R**ear **A**xle **S**teering-**E**lectronically **C**ontrolled) kommen gänzlich ohne die bisher bekannten schweren und unpräzisen Gestänge aus.

Zukunftsweisende Innovationsansätze bezüglich Funktionalität, Design und Sicherheit werden mit dem Steer by Wire-Lenksystem von ZFLS eröffnet. Und als Mitglied eines europäischen Konsortiums von Fahrzeugherstellern, Zulieferern, Anwendern und Institutionen bereiten wir die Realisierung des automatischen Fahrens im Güterfernverkehr mit vor.

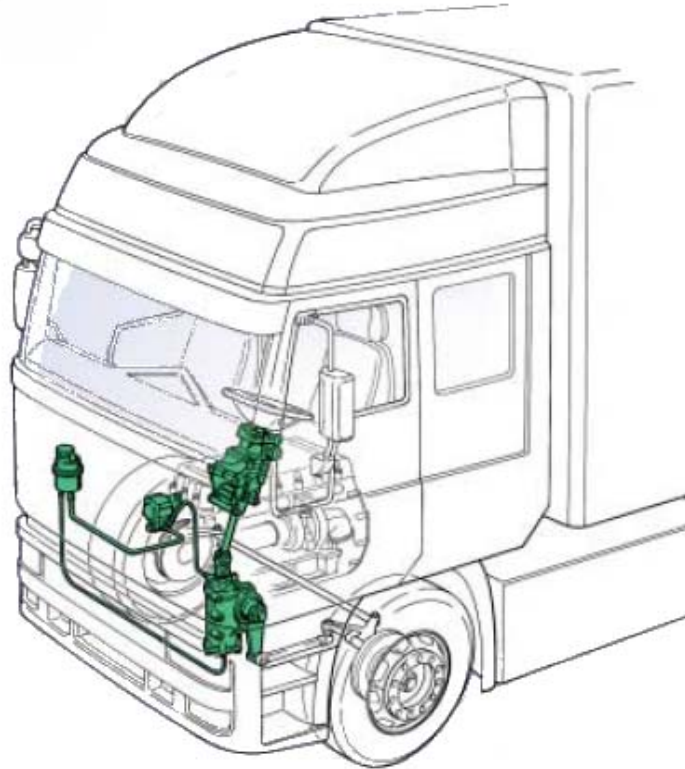


Bild 1: Einbauschema einer ZF-Servocom mit höhen- und neigungsverstellbarer Lenksäule, Kugelgelenkwelle, Lenkumppe und Ölbehälter.

Mechanischer Aufbau

Die ZF-Servocom, eine Kugelmutter-Hydraulenkung in Kompaktbauweise, besteht im Wesentlichen aus einem robusten Gussgehäuse (1) mit integriertem, mechanischem Lenkgetriebe, Steuerventil und Arbeitszylinder.

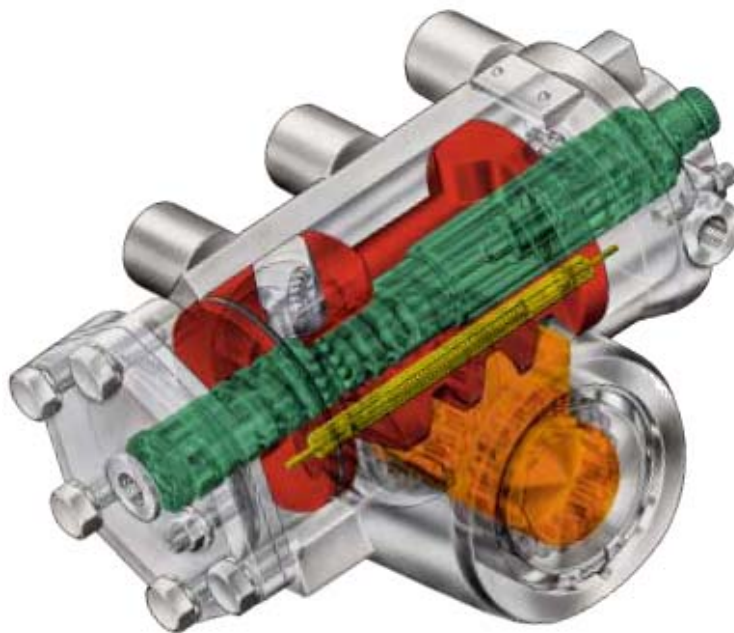


Bild 2: ZF-Servocom, Typ 8098

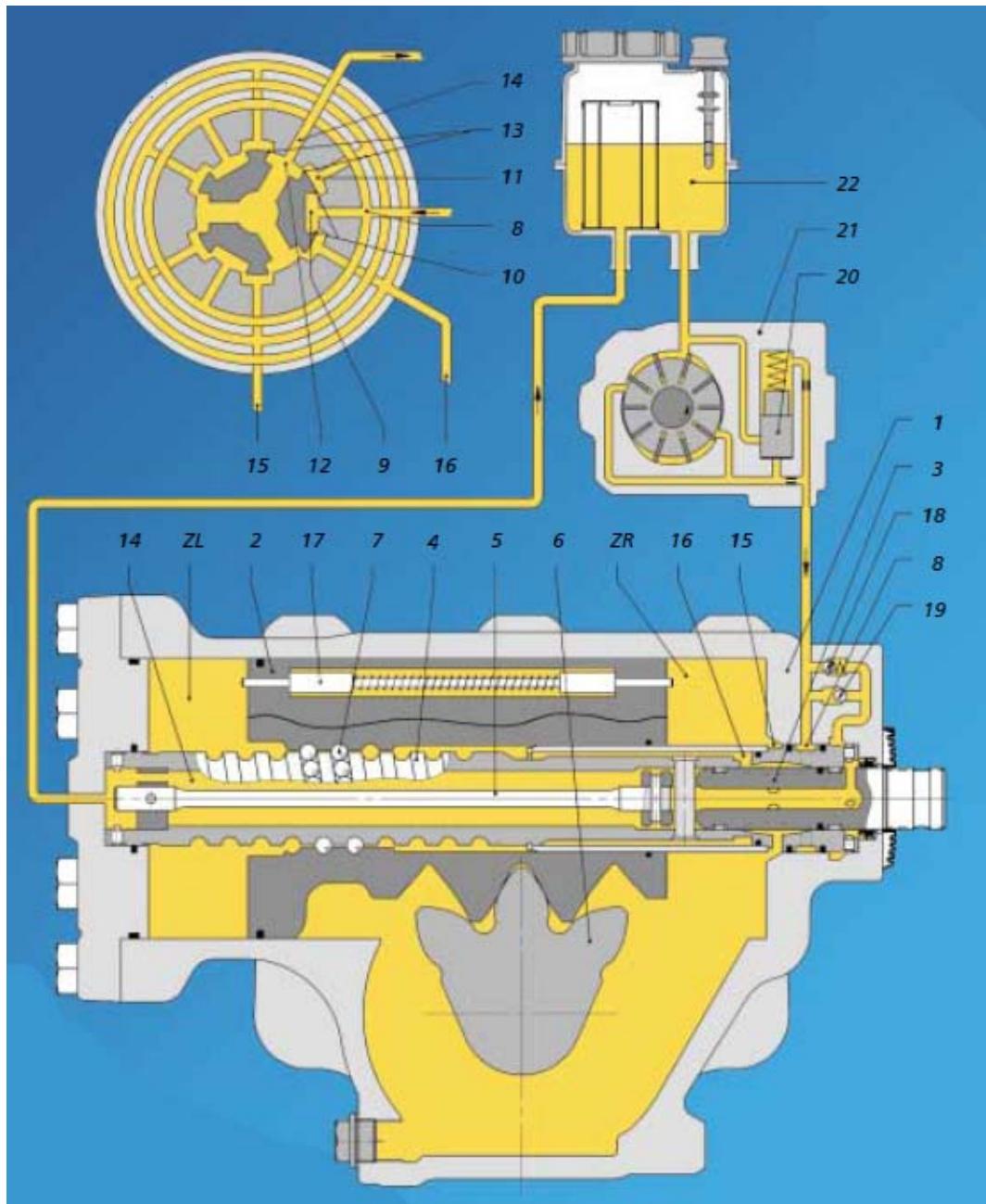


Bild 3: ZF-Servocom, Typ 8098, Steuerventil in Neutralstellung.

1 Gehäuse	2 Kolben	3 Ventilschieber
4 Schnecke	5 Drehstab	6 Segmentwelle
7 Kuglkette	8 Zulauf-Radialnut	9 Zulauf-Steuernut
10 Zulauf-Steuerkante	11 Axialnut	12 Rücklauf-Steuernut
13 Rücklauf-Steuerkante	14 Rücklaufraum	15 Radialnut
16 Radialnut	17 Hydr. Lenkbegrenzung	18 Druckbegrenzungsventil
19 Nachsaugventil	20 Strombegrenzungsventil	21 Lenkungspumpe
22 Ölbehälter	ZL Arbeitszylinder, links	ZR Arbeitszylinder, rechts

Eine am Lenkrad erzeugte Drehbewegung wird über die Lenkwelle und den Ventilschieber (3) im Steuerventil auf die Schnecke (4) übertragen und über eine endlose Kuglkette (7) in eine Axialbewegung des Kolbens (2) umgewandelt. Gleichzeitig wird die rechtwinklig zur Kolbenlängsachse angeordnete Segmentwelle (6) durch Zahneingriff in Drehung versetzt. Der auf der Segmentwelle

montierte Lenkstockhebel bewegt das zu den Radlenkhebeln führende Lenkgestänge und bewirkt somit den Lenkeinschlag der Räder.

Die wesentlichen Bauteile des Servocom-Steuerventils sind der Ventilschieber mit sechs Steuernuten auf der Mantelfläche und eine Schnecke, in deren Ventilbohrung entsprechend abgestimmte Axialnuten angebracht sind. Die Mittenzentrierung (Neutralstellung) des Ventilschiebers erfolgt durch einen Drehstab (5), der gleichzeitig die Verbindung zwischen Ventilschieber und Schnecke herstellt. Durch die Wälzlagerung des Ventilschiebers und der Schnecke wird die Präzision und Funktionssicherheit des Steuerventils auch bei hohen Drücken garantiert.

Wird vom Lenkrad oder von den gelenkten Rädern her ein Drehmoment auf den Ventilschieber bzw. auf die Schnecke übertragen, so entsteht zwischen dem Ventilschieber und der Schnecke eine durch den Drehstab beeinflusste Relativedrehung. Hierbei wird der Ventilschieber gegen die ihn umschließende Schnecken-Ventilbohrung verdreht und somit die Stellung der Steuernuten zueinander verändert. Dadurch gelangt der Druckölstrom über Verbindungsbohrungen in einen der beiden Arbeitszylinderräume (ZL oder ZR) und unterstützt die Axialbewegung des Kolbens. Wird das Lenkrad wieder losgelassen, werden die Steuernuten durch die Wirkung des tordierten Drehstabs wieder in Neutralstellung gebracht und in beiden Arbeitszylinderräumen herrscht der gleiche Systemdruck.

Hydraulische Grundfunktion des Servocom-Steuerventils

Der von einer motorgetriebenen Lenkungspumpe (21) geförderte Ölstrom fließt durch eine Anschlussbohrung im Gehäuseboden über die Zulauf-Radialnut (8) und Querbohrungen am Ventilteil der Schnecke (4) zu den drei Zulauf-Steuernuten (9) des Ventilschiebers (3). In Neutralstellung des Ventils (siehe Bild 3) strömt das Öl über die offenen Zulauf-Steuerkanten (10) in alle Axialnuten (11) des Schneckenkopfes und von dort über die offenen Rücklauf-Steuerkanten (13) auch in die Rücklauf-Steuernuten (12) des Ventilschiebers. Von diesen Nuten kann das Öl über Bohrungen zum Rücklaufraum (14) im Innern der Schnecke und von dort zum Ölbehälter (22) zurückfließen. Gleichzeitig verbinden die Radialnuten (15 und 16) des Steuerventils und die zugeordneten Verbindungen den rechten Arbeitszylinderraum (ZR) mit dem linken (ZL).

Bei Drehung des Lenkrads im Uhrzeigersinn (**Bild 4**) bewegt sich der Kolben (2) bei einem rechtsgängigen Kugelgewinde in der Kolbenbohrung nach rechts. Durch die gleichzeitige Rechtsdrehung des Ventilschiebers (3) gelangt das Drucköl über die weiter geöffneten Zulauf-Steuerkanten (10) in die drei zugeordneten Axialnuten (11), über Bohrungen in die Radialnut (16) und über eine Verbindung zum linken Zylinderraum (ZL), wodurch die Kolbenbewegung hydraulisch unterstützt wird. Der individuell abstimmbare Druckaufbau wird dadurch erreicht, dass durch die teilweise bzw. vollständig geschlossenen Zulauf-Steuerkanten (10) eine Verbindung zwischen Druckölzulauf und den anderen drei Axialnuten (11), die mit der Radialnut (15) verbunden sind, eingeschränkt bzw. unterbunden wird. Gleichzeitig wird der Druckölablauf in die druckangesteuerten Axialnuten durch die sich schließenden Rücklauf-Steuerkanten (13) auch eingeschränkt bzw. unterbunden. Das im rechten Zylinderraum (ZR) durch den Kolben (2) verdrängte Öl fließt zunächst über eine Verbindung in die Radialnut (15) und Querbohrungen in die entsprechenden Axialnuten und über die weiter geöffneten Rücklauf-Steuerkanten (13) in die Rücklauf-Steuernuten (12). Von hier aus erfolgt der weitere Rückfluss zum Ölbehälter (22) über die zum Rücklaufraum (14) führenden Verbindungsbohrungen. Bei Linksdrehung des Lenkrads verhält sich der Ablauf analog hierzu.

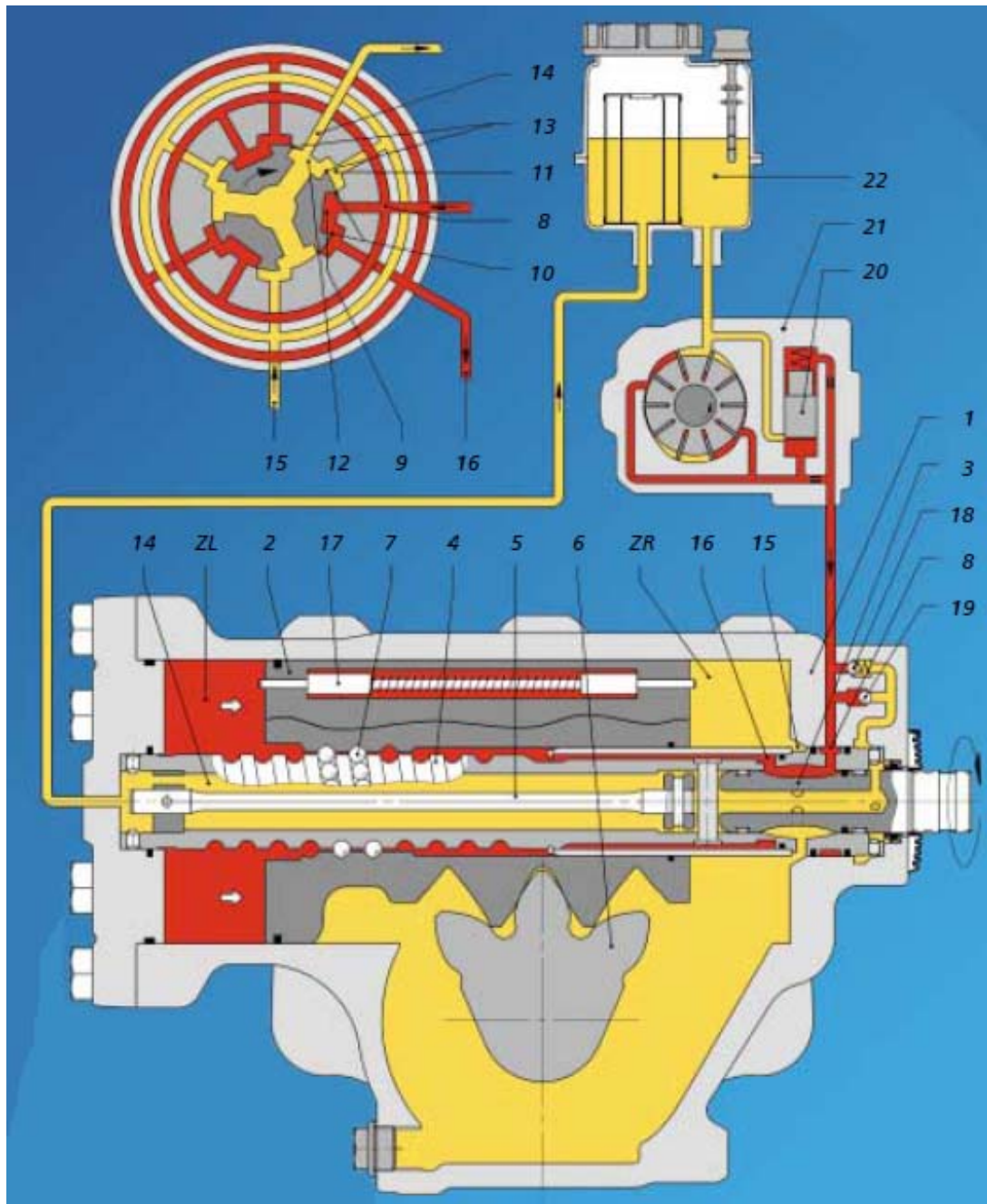


Bild 4: ZF-Servocom, Typ 8098, Steuerventil in Arbeitsstellung. Lenkrad im Uhrzeigersinn gedreht

- | | | |
|-------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1 Gehäuse | 2 Kolben | 3 Ventilschieber |
| 4 Schnecke | 5 Drehstab | 6 Segmentwelle |
| 7 Kugellkette | 8 Zulauf-Radialnut | 9 Zulauf-Steuernut |
| 10 Zulauf-Steuerkante | 11 Axialnut | 12 Rücklauf-Steuernut |
| 13 Rücklauf-Steuerkante | 14 Rücklaufraum | 15 Radialnut |
| 16 Radialnut | 17 Hydr. Lenkbegrenzung | 18 Druckbegrenzungsventil |
| 19 Nachsaugventil | 20 Strombegrenzungsventil | 21 Lenkungspumpe |
| 22 Ölbehälter | ZL Arbeitszylinder, links | ZR Arbeitszylinder, rechts |

Hydraulische Lenkbegrenzung

Um bei maximalem Radeinschlag das Lenkgestänge, die Radansschläge und die Lenkumpumpe vor übermäßiger Belastung zu schützen, verfügt die ZF-Servocom über eine mechanisch einstellbare oder automatisch im Fahrzeug einstellende hydraulische Lenkbegrenzung (17).

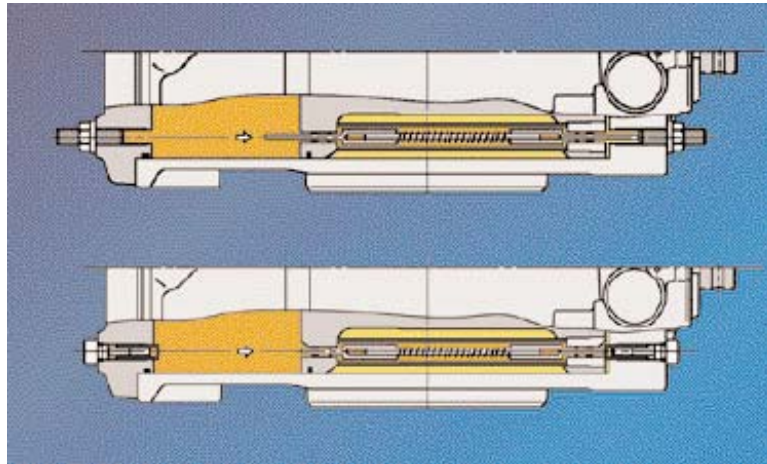


Bild 5: Mechanisch einstellbare (oben) und automatisch einstellende Lenkbegrenzung (unten).
Lenkbegrenzungsventil geöffnet, Öldruck stark vermindert

Diese im Kolben (2) integrierte Einrichtung ist durch den Öldruck im rechten oder linken Arbeitszylinder stets geschlossen. Erst kurz vor der jeweiligen Kolbenendstellung wird das Lenkbegrenzungsventil durch das Auftreffen des Ventilstiftes auf die Einstellschraube bzw. -hülse geöffnet. Der unter Hochdruck stehende Zylinderraum erhält dadurch Verbindung mit dem gegenüber liegenden Rücklaufraum. Durch den Druckabfall wird die hydraulische Unterstützung stark reduziert. Das Drehen des Lenkrads bis zum Radanschlag ist nur noch mit erhöhtem Kraftaufwand möglich.

Weitere Merkmale

Die ZF-Servocom ist mit einem Druckbegrenzungsventil (18) ausgerüstet, das den Förderdruck der Lenkumpumpe auf den festgelegten Maximaldruck begrenzt. Außerdem kann bei Bedarf ein Nachsaugventil (19) in das Gehäuse bzw. in den Ventilschieber eingebaut werden. Dieses Ventil ermöglicht es, aus dem Rücklauf Öl anzusaugen, wenn ohne hydraulische Unterstützung gelenkt werden muss.

Konstruktion und Funktion

Die ZF-Servocomtronic (4) ist eine geschwindigkeitsabhängig arbeitende Kugelmutter-Hydraulenkung für Lkw und Omnibusse. Durch den Einsatz von moderner Elektronik, eines elektro-hydraulischen Wandlers und einer hydraulischen Rückwirkeinrichtung wurde erreicht, dass die am Lenkrad aufzubringende Betätigungskraft von der jeweiligen Fahrgeschwindigkeit abhängig ist.

Für den Einbau der ZF-Servocomtronic ist entweder ein elektronischer Tachometer (1) oder ein geeignetes ABS-Steuergerät erforderlich. Die Geschwindigkeits-Signale von einem dieser Geräte werden zum elektronischen Steuergerät (2) geleitet, welches sowohl als separates Bauteil ausgeführt, als auch bereits in die vorhandene Fahrzeugelektronik integriert werden kann. Der Mikroprozessor des

Servocomtronic-Steuergeräts wertet die Geschwindigkeits-Signale aus und setzt sie in einen geregelten elektrischen Strom um, der den elektro-hydraulischen Wandler (3) ansteuert. Der direkt am Zylinderdeckel angebrachte Wandler bestimmt auf Grund dieses Einflusses die hydraulische Rückwirkung am Steuerventil und somit das Betätigungsmoment am Lenkrad.



Bild 6: Schematische Darstellung der ZF-Servocomtronic, Typ 8098.

- | | |
|---|---|
| 1 elektronischer Tachometer im Fahrzeug | 4 ZF-Servocomtronic |
| 2 elektronisches Steuergerät (Mikroprozessor, 12 V) | 5 Lenkungspumpe |
| 3 elektro-hydraulischer Wandler | 6 Ölbehälter mit Feinfilter |
| 7 Kugelgelenkwelle | 8 höhen- und neigungsverstellbare Lenksäule |

Durch die geschwindigkeitsabhängige Beeinflussung der Lenkung wird erreicht, dass zum Lenken im Stand und bei niedrigen Geschwindigkeiten, z.B. beim Ein- und Ausparken, nur minimale Kräfte erforderlich sind. Da sich die hydraulische Rückwirkung im Verhältnis zur Fahrgeschwindigkeit ändert, nimmt die Betätigungskraft am Lenkrad mit steigender Geschwindigkeit zu (**siehe Bild 7**). Der Fahrer hat dadurch bei höherer Geschwindigkeit einen besonders guten Kontakt zur Fahrbahn und kann exakt und zielgenau lenken.

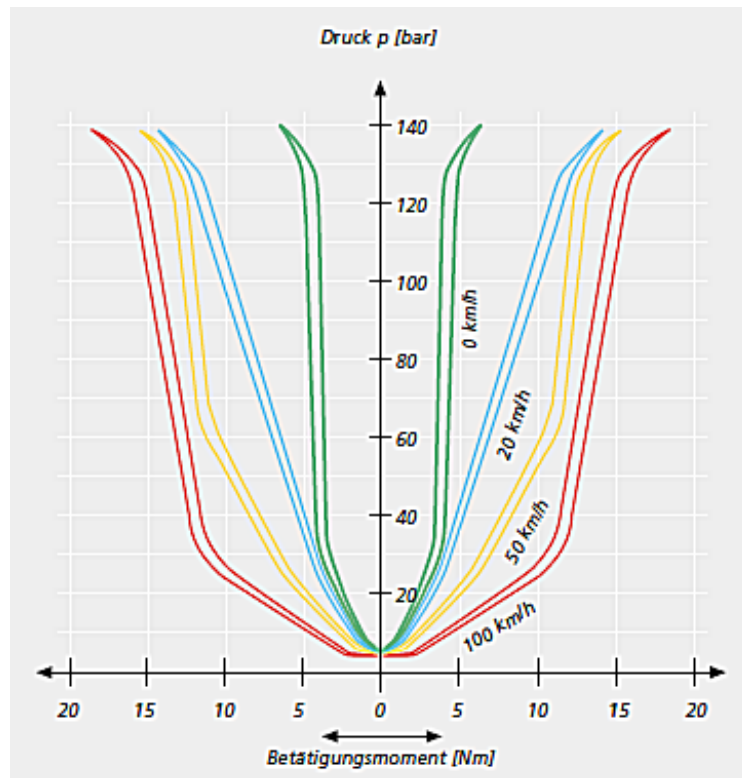


Bild 7: ZF-Servocomtronic – Kennliniendiagramm. Dargestellt ist die Änderung der Größen Druck und Betätigungsmoment in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit. Der Kennlinienverlauf kann dem Fahrzeugcharakter speziell angepasst werden.

Ein weiterer Vorteil der ZF-Servocomtronic besteht darin, dass Öldruck und Volumenstrom zu keinem Zeitpunkt reduziert werden und deshalb in Notsituationen, z.B. bei unvorhersehbaren Lenkkorrekturen, stets blitzschnell abrufbar sind. Durch diese Eigenschaften wird eine außerordentlich hohe Lenkpräzision und Sicherheit bei gleichzeitig bestem Lenkkomfort erreicht.

Mechanischer Aufbau

Als Basislenkung für die ZF-Servocomtronic dient die millionenfach bewährte ZF-Servocom mit dem auf den Seiten 4 bis 7 beschriebenen Konstruktions- und Funktionsprinzip. Abweichend hierzu ist in der Axialbohrung der Schnecke (4) ein torsionssteifer Faltenbalg (5, siehe **Bild 8**) angeordnet, dessen unteres Ende mit der Schnecke verdrehfest verbunden ist. Das obere Teil des Faltenbalges ist als Zentrierbüchse (26) ausgebildet und drückt mit einer fahrzeugspezifisch abgestimmten axialen Federkraft auf eine Prismenzentrierung mit zwei Rollen (27). Dies wirkt sich bei Geradeausfahrt besonders positiv auf die exakte Mittenzentrierung des Steuerventils aus. Ein im Zylinderdeckel zentrisch zur Schnecke geführter Rückwirkkolben (28) belastet bei hydraulischer Druckbeaufschlagung über ein Distanzrohr (29) ebenfalls die Prismenzentrierung und erschwert zusätzlich zur Federkraft des Faltenbalges die Verstellung des Steuerventils aus der Neutrallage. Die Größe dieser hydraulischen Rückwirkung wird von der momentan angezeigten Fahrgeschwindigkeit und der daraus resultierenden Öffnungsposition des elektrohydraulischen Wandlers bestimmt.

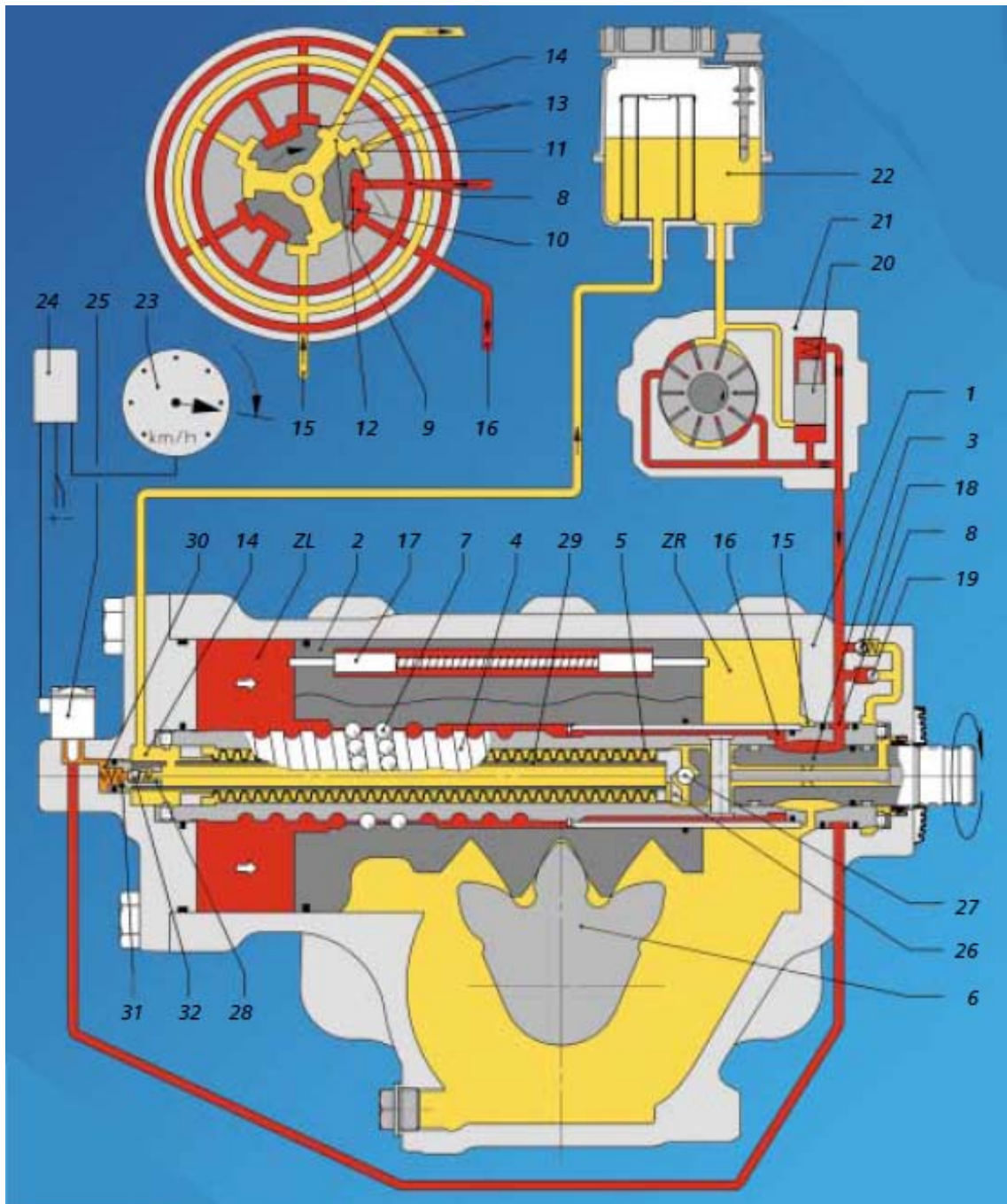


Bild 8: ZF-Servocomtronic, Typ 8098, Steuerventil in Arbeitsstellung. Lenkrad im Uhrzeigersinn gedreht, Fahren mit hoher Geschwindigkeit, Wandlerventil ganz geöffnet, maximale Rückwirkung durch Abschneidventil begrenzt

1 Gehäuse	2 Kolben	3 Ventilschieber
4 Schnecke	5 Drehstab	6 Segmentwelle
7 Kugelfette	8 Zulauf-Radialnut	9 Zulauf-Steuernut
10 Zulauf-Steuerkante	11 Axialnut	12 Rücklauf-Steuernut
13 Rücklauf-Steuerkante	14 Rücklaufraum	15 Radialnut
16 Radialnut	17 Hydr. Lenkbegrenzung	18 Druckbegrenzungsventil
19 Nachsaugventil	20 Strombegrenzungsventil	21 Lenkungspumpe
22 Ölbehälter	ZL Arbeitszylinder, links	ZR Arbeitszylinder, rechts

Funktion der ZF-Servocomtronic

Bei niedrigen Geschwindigkeiten, z. B. beim Rangieren, werden vom elektronischen Tachometer (23) oder dem ABS-Steuergerät nur sehr wenige Signale an den im elektronischen Steuergerät (24) integrierten Mikroprozessor geleitet. Dieser wertet die Signale aus und gibt sie als abgestimmten Steuerstrom an den elektro-hydraulischen Wandler (25) weiter. Durch die in dieser Fahrsituation auftretende maximale Stromstärke schließt sich das Wandlerventil und verhindert einen Druckaufbau im Rückwirkraum (30). Eine Blende (31) stellt sicher, dass im Rückwirkraum auch Rücklaufdruck-Niveau herrscht. Somit ist die Lenkung durch die eliminierte Rückwirkung leichtgängig und lässt sich mit geringem Kraftaufwand bedienen.

Bei zunehmender Fahrgeschwindigkeit verursachen die häufiger werdenden Geschwindigkeits-Signale nach der Umwandlung durch den Mikroprozessor eine Reduzierung des an den elektrohydraulischen Wandler geleiteten Steuerstroms. Dadurch nimmt das Wandlerventil eine auf die augenblickliche Fahrgeschwindigkeit abgestimmte Öffnungsposition ein und ermöglicht einen begrenzten Ölzufluss aus der Zulauf-Radialnut (8) über eine Rohrleitung in den Rückwirkraum (30). Der Rückwirkkolben drückt nun über das Distanzrohr auf die Prismenzentrierung und erschwert die Verstellung des Steuerventils. Somit ist bei diesem Funktionsablauf der hydraulischen Rückwirkung ein individuell festgelegtes höheres Betätigungsmoment am Lenkrad erforderlich bis eine bestimmte hydraulische Unterstützung im rechten (ZR) oder linken Zylinderraum (ZL) einsetzt.

Bei hohen Fahrgeschwindigkeiten (**Bild 8**), z.B. auf der Autobahn, ist durch den sehr geringen bzw. den fehlenden Steuerstrom für die Wandlerbetätigung dessen Ventil vollständig geöffnet. Dadurch wird die maximale Druckversorgung der Rückwirkeinrichtung aus der Zulauf-Radialnut (8) ermöglicht. Bei einer Rechtsdrehung des Lenkrads erhöht sich entsprechend dem vorherrschenden Betriebsdruck auch der Rückwirkdruck und beaufschlagt den Rückwirkkolben aus dem Rückwirkraum (30). Sobald der fahrzeugspezifisch festgelegte Rückwirkdruck die Obergrenze erreicht, wird zur Vermeidung eines weiteren Rückwirk-Druckanstiegs das Öl vom Abschneidventil (32) in den Rücklaufraum (14) abgeführt. Das hierbei erreichte Betätigungsmoment am Lenkrad steigt nun nicht weiter an und vermittelt durch besten Fahrbahnkontakt ein sicheres Fahrgefühl.

Sicherheit der ZF-Servocomtronic

Auch bei einem eventuellen Ausfall des Bordnetzes oder bei sonstigen elektrischen Störungen bleibt die Lenkung voll funktionsfähig. In diesen Ausnahmefällen arbeitet die ZF-Servocomtronic durch die mechanische Zwangsöffnung des Wandlerventils mit maximaler hydraulischer Rückwirkung (Schnellfahr-Kennlinie). Bei plötzlich ausbleibenden Geschwindigkeits-Signalen während der Fahrt, z.B. durch fehlenden Kabelkontakt oder defektes Tachometer, ist der hochentwickelte Mikroprozessor im elektronischen Steuergerät in der Lage, aus den zuletzt ausgewerteten Geschwindigkeits-Signalen einen konstanten Steuerstrom abzuleiten. Damit ist bis zum Abstellen des Fahrzeugmotors ein gleichbleibendes Lenkverhalten gewährleistet. Beim nächsten Motorstart bildet sich wieder die maximale hydraulische Rückwirkung entsprechend der Schnellfahr-Kennlinie.



Bild : ZF-Servocomtronic, Typ 8098

Quellen

Bilder: ZF Lenksysteme GmbH

Autor

ZF Lenksysteme GmbH

Richard-Bullinger-Straße 77
D-73527 Schwäbisch Gmünd

Tel.: +49 (0) 71 71/31- 0

Fax: +49 (0) 71 71/31- 32 22

e-Mail: contact@zf-lenksysteme.com

Internet: www.zf-lenksysteme.com