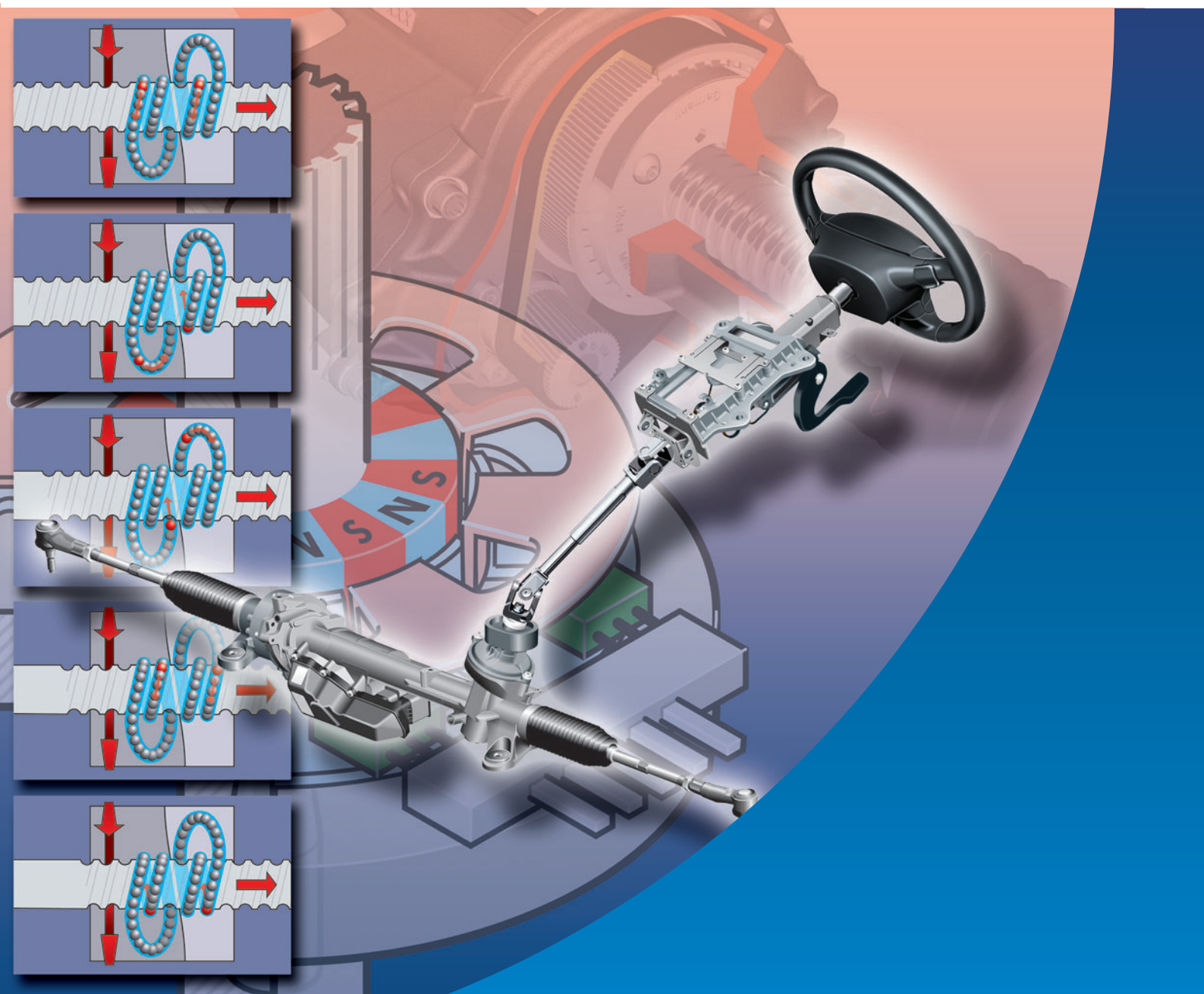
Service Training

Selbststudienprogramm 399

Die elektro-mechanische Lenkung mit Achs-Parallelem Antrieb (APA)

Konstruktion und Funktion

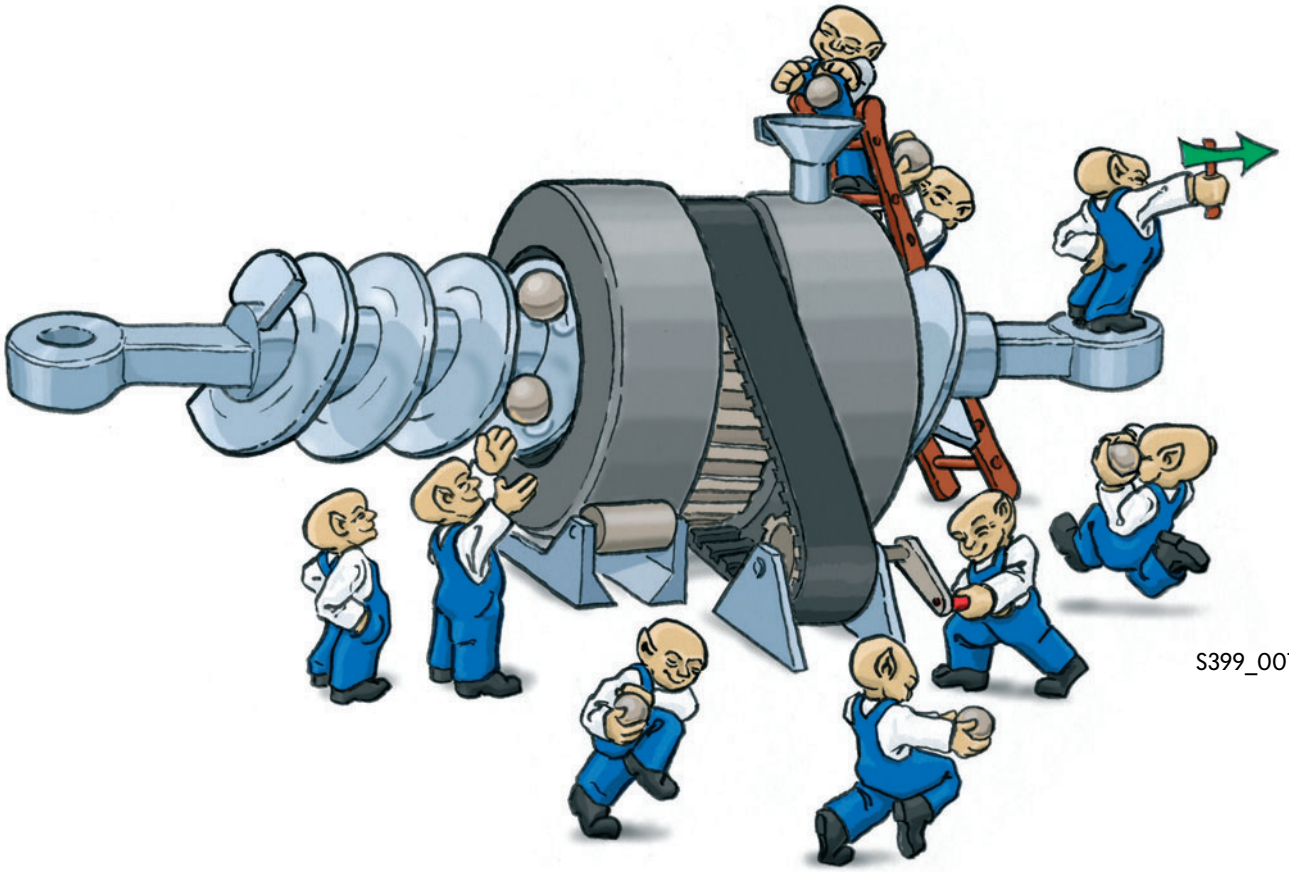


Die elektro-mechanische Servolenkung hat gegenüber einer hydraulischen Lenkung viele Vorteile. Sie unterstützt den Fahrer und entlastet ihn dabei physisch und psychisch. Dabei arbeitet sie bedarfsorientiert, das heißt, nur wenn eine Lenkunterstützung vom Fahrer gewünscht wird.
Die Lenkunterstützung ist dabei abhängig von der Fahrgeschwindigkeit, dem Lenkmoment und dem Lenkwinkel.

Die so genannte APA-Lenkung (das Kürzel steht für Achs-Paralleler Antrieb) gehört zur neuesten Generation elektro-mechanischer Lenkungen.
Diese Lenkung stellt eine Mischung aus bewährten Komponenten und innovativen Neuerungen dar.
Sie wird derzeit ausschließlich in Linkslenkerfahrzeugen eingesetzt.

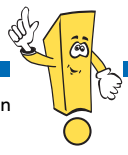
Die elektro-mechanische Lenkung mit Achs-Parallelem Antrieb ist eine VW Eigenentwicklung des Braunschweiger Entwicklungsteams und wird auch an diesem Standort gefertigt.

Wie diese elektro-mechanische Servolenkung mit Achs-Parallelem Antrieb im Einzelnen funktioniert, erfahren Sie in diesem Selbststudienprogramm.



S399_001

NEU



Achtung Hinweis



**Das Selbststudienprogramm stellt die Konstruktion und Funktion von Neuentwicklungen dar!
Die Inhalte werden nicht aktualisiert.**

Aktuelle Prüf-, Einstell- und Reparaturanweisungen entnehmen Sie bitte der dafür vorgesehenen KD-Literatur.

Auf einen Blick

Einleitung 4

Systemübersicht 8

Funktion 9

Mechanik der Lenkung 19

Elektrik der Lenkung 22

Funktionsplan 35

Service 36

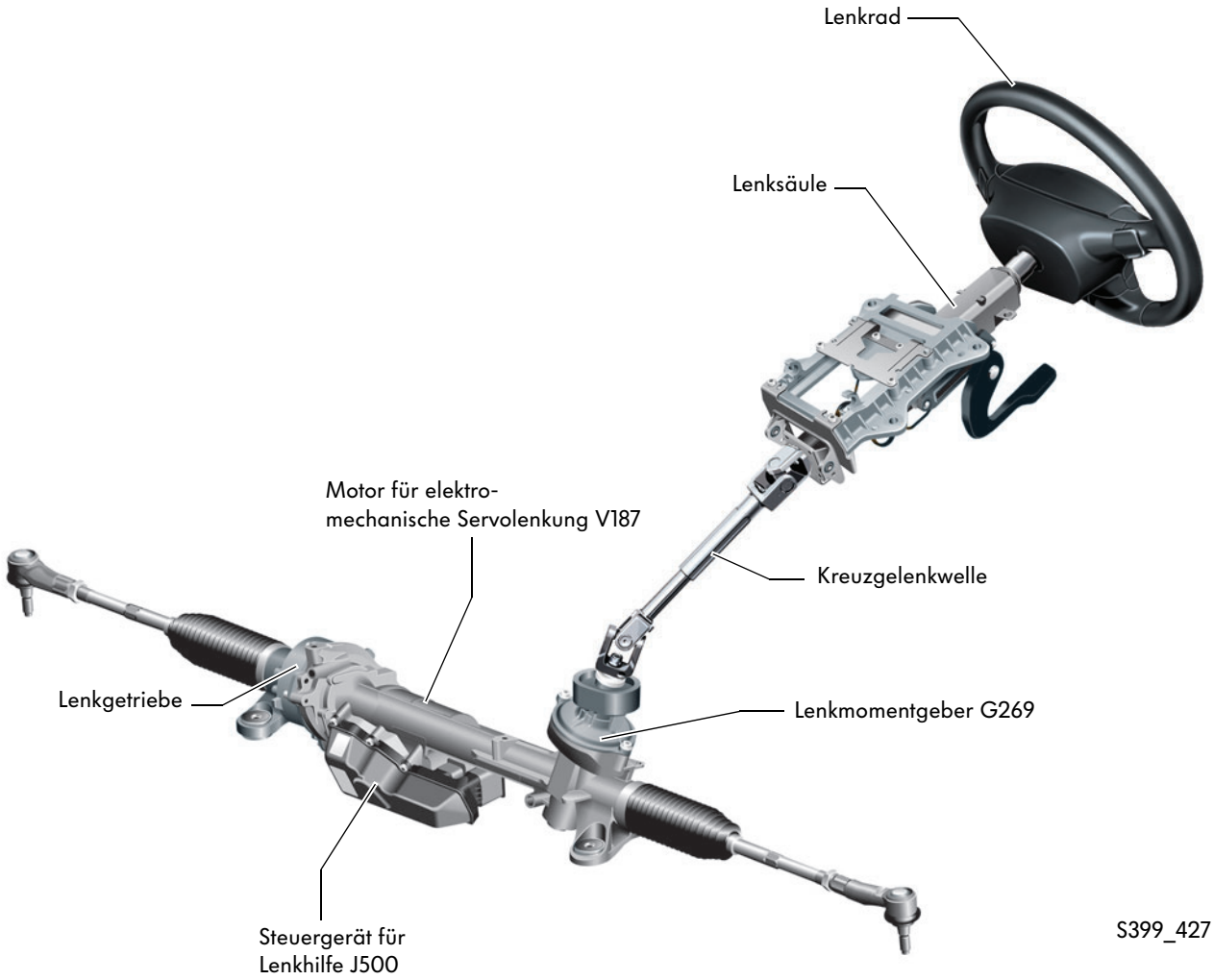
Prüfen Sie Ihr Wissen 38

Einleitung

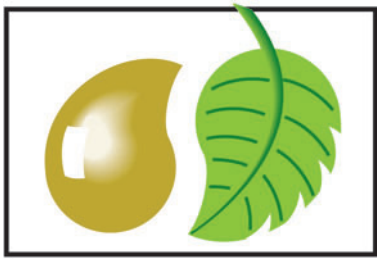
Die Gesamtübersicht der elektro-mechanischen Lenkung mit Achs-Parallelem Antrieb

Die Bauteile der Lenkung sind:

- Lenkrad
- Lenkstockschalter mit Lenkwinkelgeber G85
- Lenksäule
- Lenkmomentgeber G269
- Lenkgetriebe (Kugelspindelgetriebe)
- Motor für elektro-mechanische Servolenkung V187 (Synchronmotor)
- Steuergerät für Lenkhilfe J500
- Kreuzgelenkwelle

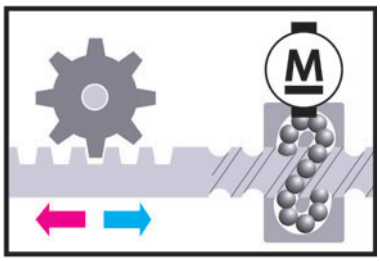


Was sie über die elektro-mechanische Servolenkung wissen sollten:



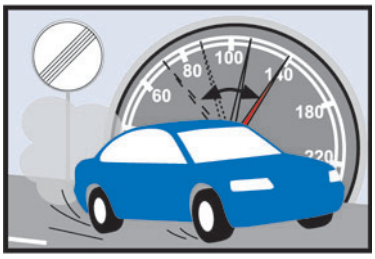
S399_106

Bei der elektro-mechanischen Servolenkung kann auf das hydraulische System zur Lenkunterstützung verzichtet werden. Durch den Wegfall des Hydrauliköls leistet die Lenkung einen wichtigen Beitrag zum Umweltschutz.



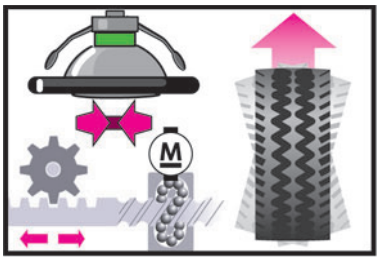
S399_108

Die elektro-mechanische Servolenkung ist eine Lenkung mit Achs-Parallelem Antrieb. Diese hat ein neu entwickeltes Lenkgetriebe mit riemengetriebener Kugelspindel, mit deren Hilfe die Lenkunterstützung erfolgt.



S399_110

Zur Lenkunterstützung erfolgt eine bedarfsorientierte Ansteuerung des Elektromotors.
Das System bietet dem Fahrer eine von den Fahrbedingungen abhängige Lenkunterstützung (Servotronic).



S399_111

Die Rückstellung der Lenkung in die Geradeaus-Stellung wird durch die Funktion „Aktiver Rücklauf“ von der elektro-mechanischen Servolenkung unterstützt. Das bewirkt einen angenehmen Rücklauf des Lenkrades nach einer Kurvenfahrt sowie einen stabileren Geradeauslauf.

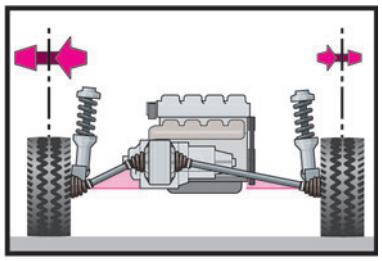


S399_112

Bei der Geradeauslaufkorrektur wird bei konstantem Seitenwind oder geneigten Fahrbahnen eine Lenkunterstützung erzeugt, die den Fahrer bei Geradeausfahrten entlastet.

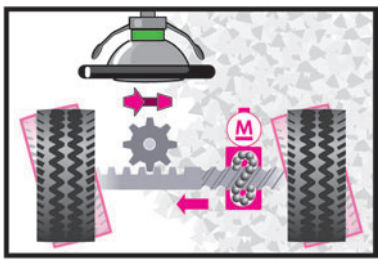
Einleitung

Durch die bei Frontantrieb und quer eingebautem Motor unterschiedlichen Längen der Antriebswellen des linken und rechten Vorderrades kommt es beim Beschleunigen häufig zu einem Schiefziehen des Fahrzeugs. Der Schiefziehausgleich erkennt dieses und gleicht es durch Gegenlenken aus.



S399_442

Bei der Gegenlenkunterstützung werden über die Servolenkung entsprechend gerichtete Lenkkräfte aufgebracht, die den Fahrer beim Gegenlenken (z. B. beim Bremsen auf unterschiedlich griffigen Fahrbahnoberflächen oder bei querdynamischen Fahrmanövern) unterstützen.



S399_418

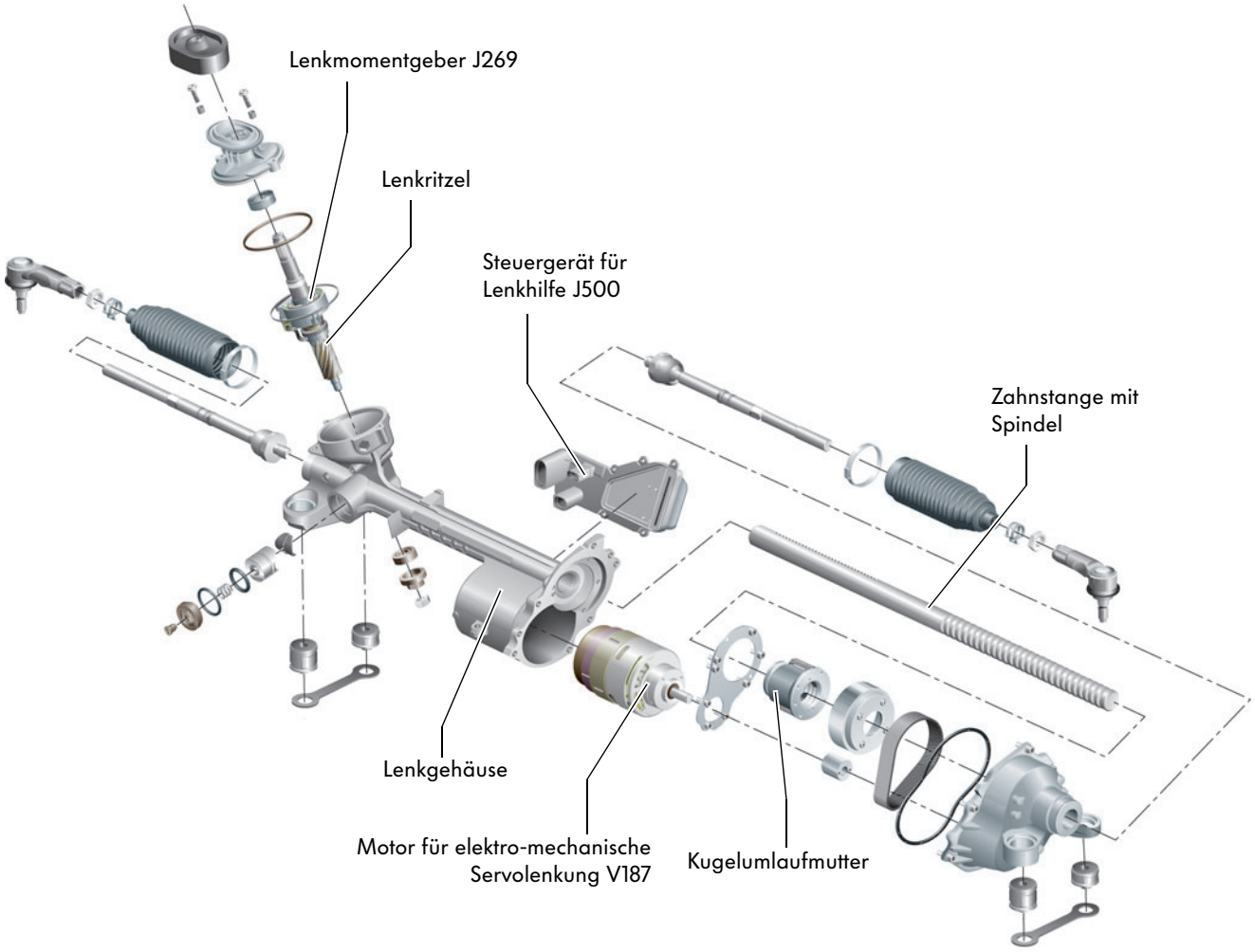
Die Vorteile der elektro-mechanischen Servolenkung

Ein Vorteil bei der elektro-mechanischen Servolenkung besteht gegenüber hydraulischen Lenksystemen vor allem darin, dass auf das hydraulische System verzichtet werden kann. Die lenkunterstützenden Bauteile sitzen und wirken direkt am Lenkgetriebe.

Des weiteren wird eine deutliche Energieeinsparung erreicht. Anders als die hydraulische Lenkung, die einen permanenten Volumenstrom erfordert, verbraucht die elektro-mechanische Servolenkung nur dann Energie, wenn auch tatsächlich gelenkt wird. Durch diese bedarfsgerechte Leistungsaufnahme wird der Kraftstoffverbrauch reduziert.

Die elektro-mechanische Lenkung mit Achs-Parallelem Antrieb und mit Kugelspindelgetriebe ist derzeit eine der leistungsfähigsten Lenkungen. Durch den speziellen Aufbau der Servoeinheit und dessen geringer Eigenreibung ermöglicht diese Lenkung ein hohes Lenkgefühl bei gleichzeitig geringer Stößigkeit. Stöße von Seiten der Straße werden aufgrund der trägen Masse des Kugelspindelgetriebes und Elektromotors vollständig herausgefiltert. Hingegen lässt die geringe Eigenreibung des Kugelspindeltriebes den Fahrer die für das Fahrgefühl wichtigen Veränderungen am Rad ungehindert spüren.

Die elektro-mechanische Servolenkung und ihre Einzelteile



S399_100

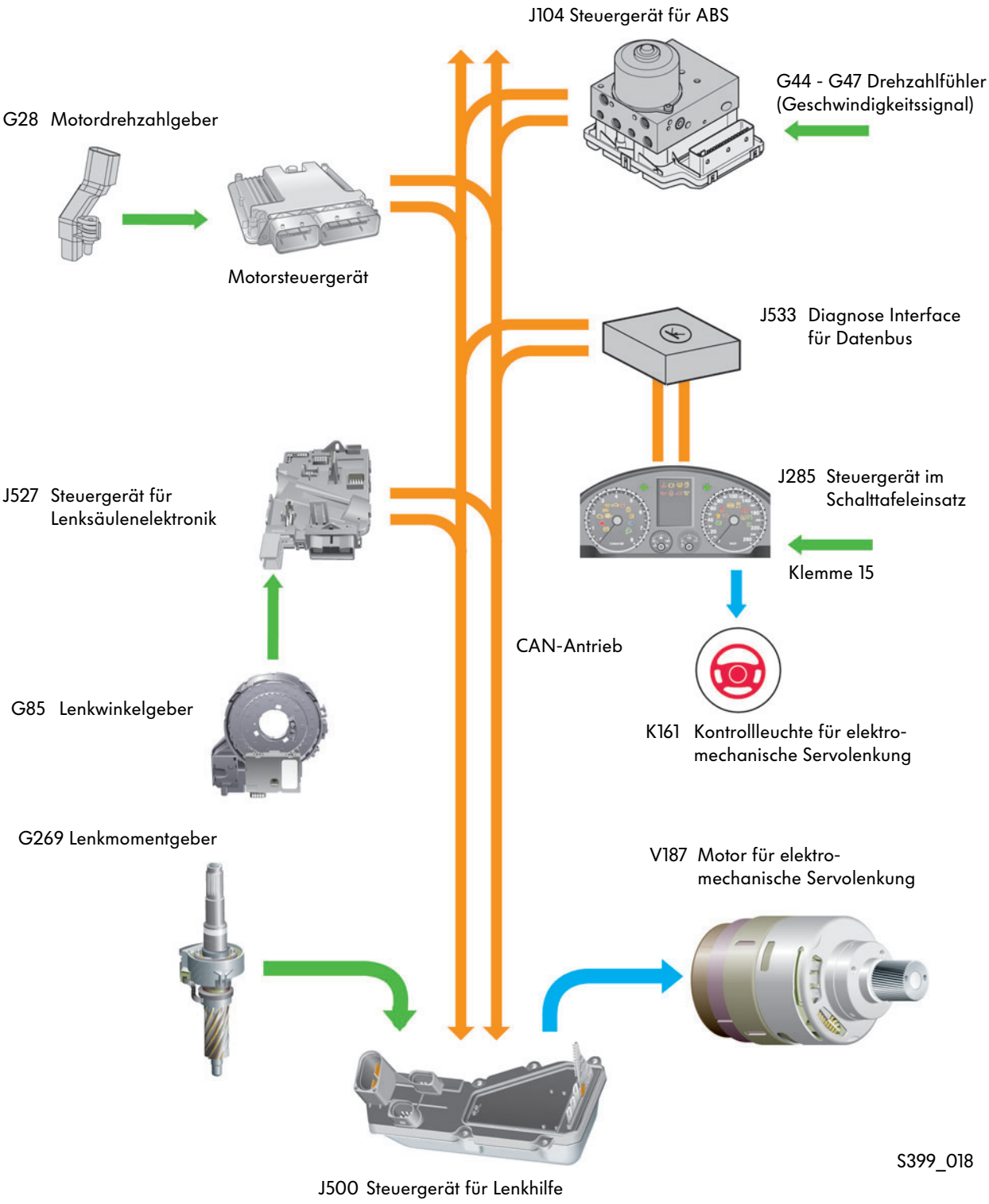


Die Kraftstoffeinsparung gegenüber einer hydraulischen Servolenkung beträgt auf 100 Kilometer bis zu 0,2 Liter.



Der Antrieb des Kugelspindelgetriebes erfolgt über den parallel zur Zahnstange angeordneten Elektromotor und einen Zahnriemen. Da die Kraft bzw. das Antriebsmoment nicht umgelenkt werden muss, wird sie als Lenkung mit Achs-Parallelem Antrieb bezeichnet.

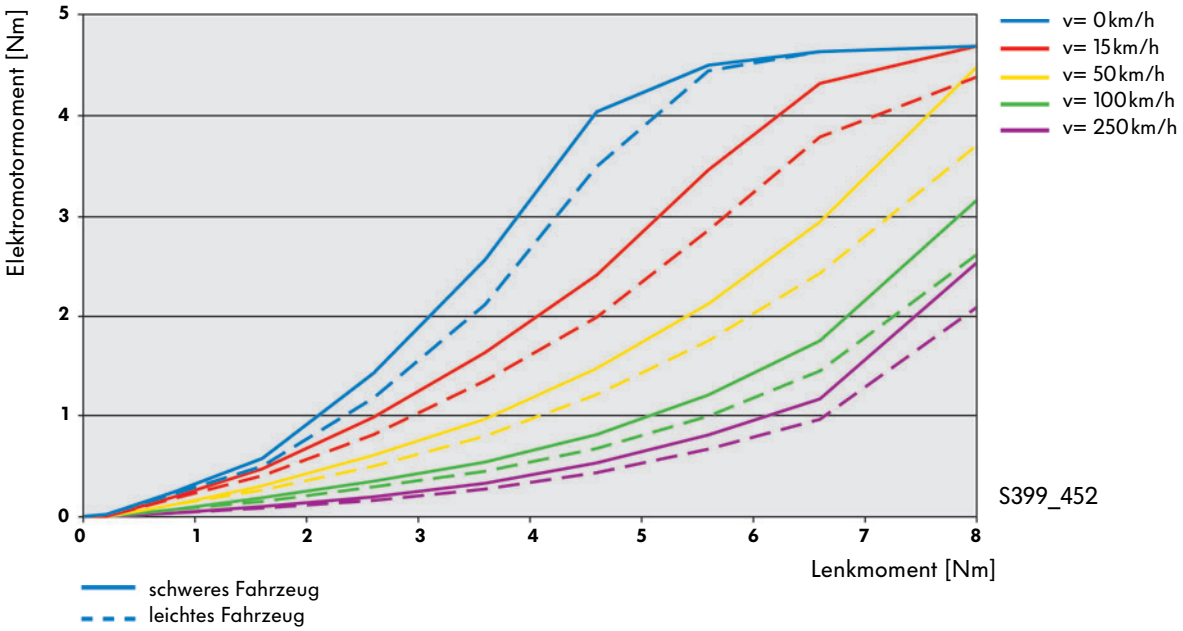
Systemübersicht



Das Kennfeld und die Kennlinien

Die Regelung der Lenkunterstützung erfolgt geschwindigkeitsabhängig über ein Kennfeld im permanenten Programmspeicher des Steuergerätes. Abhängig vom Fahrzeuggewicht und Ausstattung des Fahrzeugs wird das Kennfeld im Steuergerät erst in der Endphase der Fahrzeugfertigung werkseitig einprogrammiert.

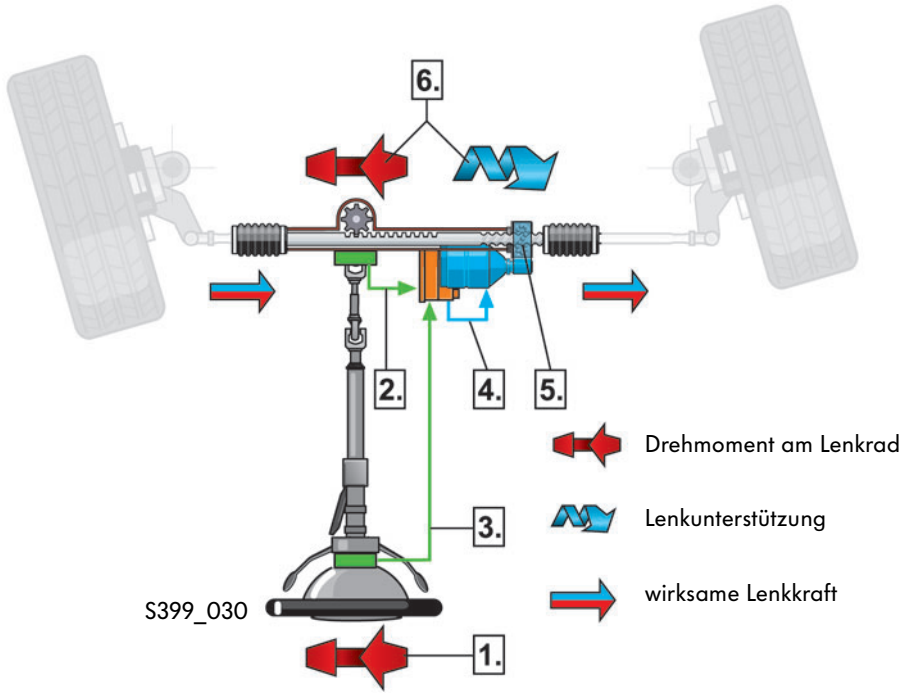
Das Kennfeld kann aber auch im Kundendienst nach einer Reparatur (z. B. bei einem Lenkungstausch) mit den Fahrzeugdiagnose-, Mess- und Informationssystemen über die „Geführte Fehlersuche“ oder „Geführte Funktionen“ mit einer speziellen Software einprogrammiert werden. Über eine fahrzeugspezifisch festgelegte PR-Nummer, die vom Fahrzeug-Datenträger abzulesen ist, kann im Volkswagen Partner Betrieb das entsprechende Kennfeld aufgespielt werden.



Als Beispiele sind jeweils ein Kennfeld für ein schweres (durchgehende Linie) und ein Kennfeld für ein leichtes Fahrzeug (gestrichelte Linie) der 5 vorhanden Kennfelder vom Tiguan ausgewählt.
Ein Kennfeld enthält fünf verschiedene Kennlinien zu unterschiedlichen Fahrzeuggeschwindigkeiten. (z. B. 0km/h, 15km/h, 50km/h, 100km/h und 250km/h). Eine Kennlinie gibt für ihre Fahrgeschwindigkeit an, bei welchem Lenkradmoment, welche Lenkunterstützung durch das Antriebsmoment des Elektromotors gegeben wird. Außerdem kann ein Kennfeld für die Mobilitätshilfe programmiert werden.

Funktion

Die Funktion des Lenkvorgangs



1. Der Ablauf der Lenkunterstützung beginnt damit, dass der Fahrer das Lenkrad einschlägt.

2. Durch das Drehmoment am Lenkrad wird ein Torsionsstab am Lenkritzel verdreht.
   Der Lenkmomentgeber G269 erfasst die Verdrehung und meldet das ermittelte Lenkmoment dem Steuergerät J500.

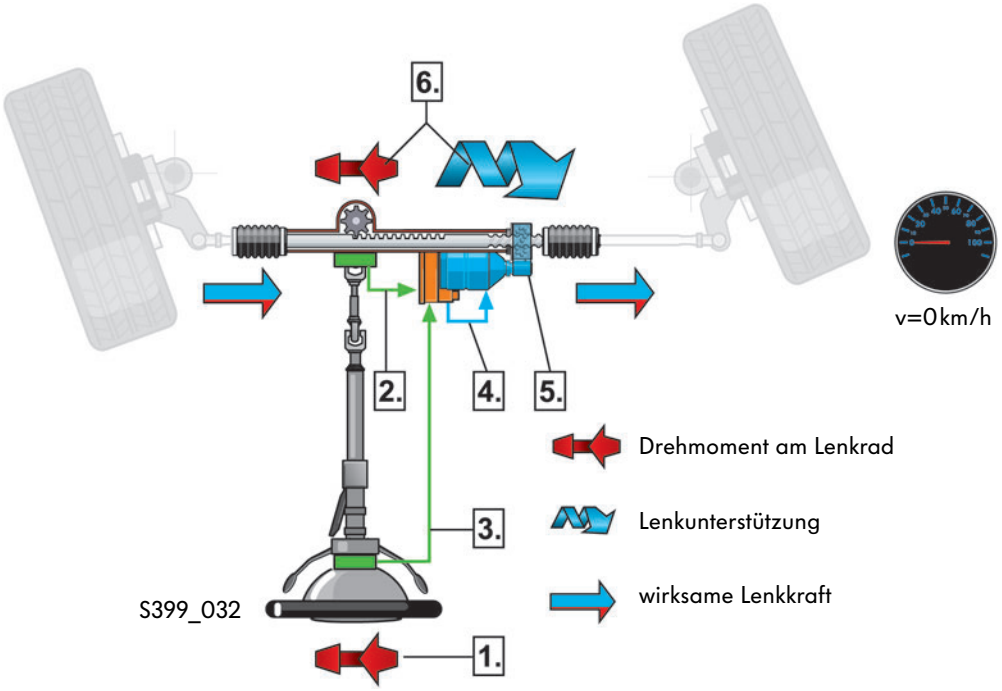
3. Der Lenkwinkelgeber G85 meldet den aktuellen Lenkwinkel.

4. Das Steuergerät ermittelt in Abhängigkeit von Lenkmoment, Fahrzeuggeschwindigkeit, Motordrehzahl des Verbrennungsmotors und der im Steuergerät abgelegten Kennlinie die notwendige Lenkunterstützung und steuert den Elektromotor an.
   Die Informationen über Lenkwinkel und Lenkgeschwindigkeit werden für die Funktionen wie z. B. die Geradeauslaufkorrektur verwendet.

5. Die Lenkunterstützung erfolgt über eine riemengetriebene Kugelspindel. Der Antrieb der Spindelmutter erfolgt durch den Elektromotor über einen Zahnriemen.

6. Die Summe aus der Kraft des Drehmomentes am Lenkrad und der Kraft des Unterstützungsmoments des Elektromotors ergibt die wirksame Lenkkraft an der Zahnstange.

Der Lenkvorgang beim Einparken



1. Beim Einparken schlägt der Fahrer das Lenkrad stark ein.

2. Der Torsionsstab wird verdreht. Der Geber für Lenkmoment G269 erfasst die Verdrehung und meldet dem Steuergerät J500, dass ein großes Lenkmoment am Lenkrad anliegt.

3. Der Lenkwinkelgeber G85 meldet einen großen Lenkwinkel.

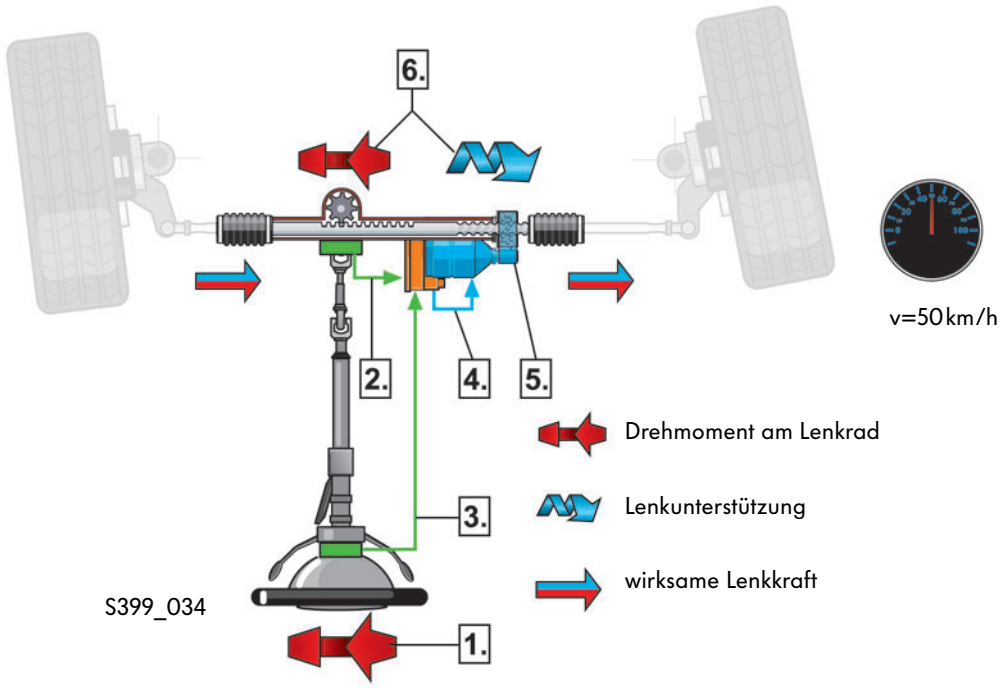
4. Das Steuergerät ermittelt in Abhängigkeit von dem großen Lenkmoment, der Fahrzeug-geschwindigkeit von 0km/h, der Motordreh-zahl des Verbrennungsmotors (>500U/min), dem großen Lenkwinkel, der Lenkgeschwindigkeit und der im Steuergerät abgelegten Kennlinie für v=0km/h, dass eine große Lenkunterstützung notwendig ist und steuert entsprechend den Elektromotor an.

5. So erfolgt das Einparken mit höchster Lenkunterstützung.

6. Die Summe aus der Kraft des Drehmomentes am Lenkrad und der Kraft der maximalen Lenkunterstützung des Elektromotors ergibt die wirksame Lenkkraft an der Zahnstange beim Einparken.

Funktion

Der Lenkvorgang bei Stadtfahrt



1. Bei einer Kurvenfahrt im Stadtverkehr schlägt der Fahrer das Lenkrad ein.

2. Der Torsionsstab wird verdreht. Der Geber für Lenkmoment G269 erfasst die Verdrehung und meldet dem Steuergerät J500, dass ein mittleres Lenkmoment am Lenkrad anliegt.

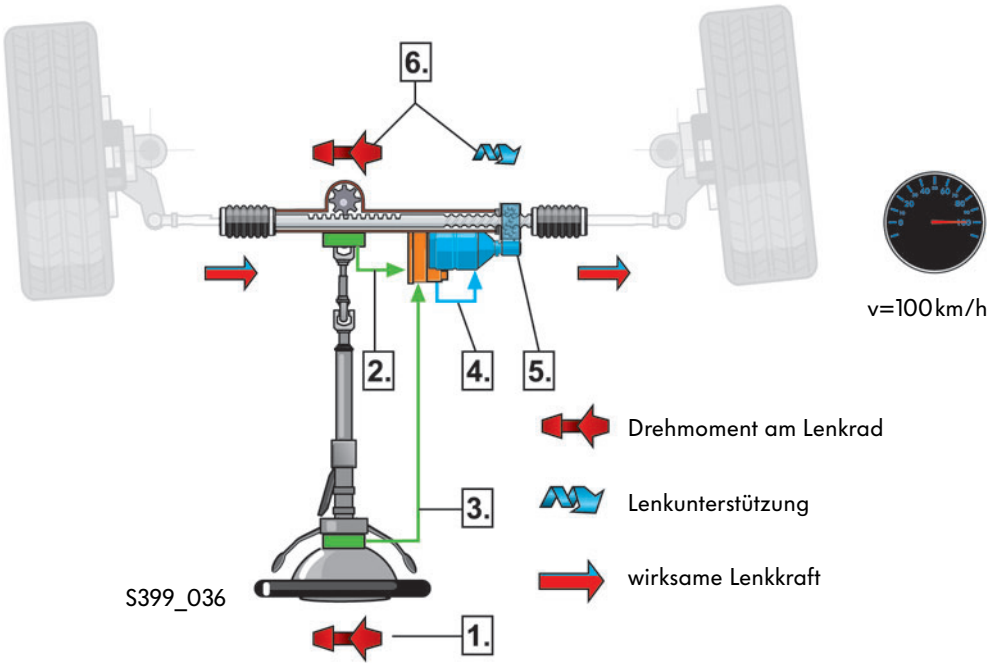
3. Der Lenkwinkelgeber G85 meldet einen mittleren Lenkwinkel.

4. Das Steuergerät ermittelt in Abhängigkeit von einem mittleren Lenkmoment, der Fahrzeug-geschwindigkeit von 50km/h, einem mittleren Lenkwinkel, der Lenkgeschwindigkeit und der im Steuergerät abgelegten Kennlinie für v=50km/h, dass eine mittlere Lenkunterstützung notwendig ist und steuert entsprechend den Elektromotor an.

5. So erfolgt bei einer Kurvenfahrt über eine riemengetriebene Kugelspindel eine mittlere Lenkunterstützung.

6. Die Summe aus der Kraft des Drehmomentes am Lenkrad und der Kraft einer mittleren Lenkunterstützung des Elektromotors ergibt die wirksame Lenkkraft an der Zahnstange bei einer Kurvenfahrt im Stadtverkehr.

Der Lenkvorgang bei Autobahnfahrt



1. Bei einem Spurwechsel schlägt der Fahrer das Lenkrad leicht ein.

2. Der Torsionsstab wird verdreht. Der Geber für Lenkmoment G269 erfasst die Verdrehung und meldet dem Steuergerät J500, dass ein leichtes Lenkmoment am Lenkrad anliegt.

3. Der Lenkwinkelgeber G85 meldet einen kleinen Lenkwinkel.

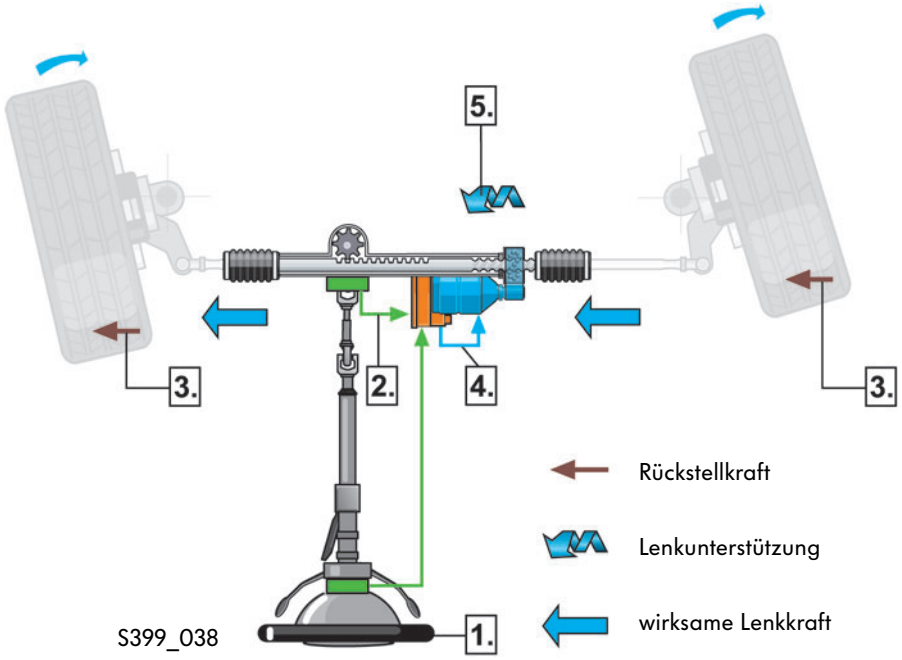
4. Das Steuergerät ermittelt in Abhängigkeit von einem kleinen Lenkmoment, der Fahrzeug-geschwindigkeit von 100km/h, einem kleinen Lenkwinkel, der Lenkgeschwindigkeit und der im Steuergerät abgelegten Kennlinie für v=100km/h, dass eine kleine bzw. keine Lenkunterstützung notwendig ist und steuert entsprechend den Elektromotor an.

5. So erfolgt bei einem Lenkvorgang auf der Autobahn über die riemengetriebene Kugelspindel eine geringe bzw. keine Lenkunterstützung.

6. Die Summe aus der Kraft des Drehmomentes am Lenkrad und der Kraft einer minimalen Lenkunterstützung des Elektromotors ergibt die wirksame Lenkkraft an der Zahnstange bei einem Spurwechsel.

Funktion

Der Aktive Rücklauf



1. Reduziert der Fahrer bei einer Kurvenfahrt das Lenkmoment, entspannt sich der Torsionsstab.

2. In Verbindung mit dem sinkenden Lenkmoment, der Einbeziehung des Lenkwinkels und der Lenkgeschwindigkeit wird eine Sollrücklauf-geschwindigkeit errechnet. Diese wird mit der Lenkwinkelgeschwindigkeit verglichen. Daraus errechnet sich das Rückstellmoment.

3. Auf Grund der Achsgeometrie entstehen Rückstellkräfte an den eingeschlagenen Rädern. Durch die Reibung im Lenksystem und in der Achse sind die Rückstellkräfte oft zu klein, um die Räder wieder in Geradeausstellung zu bewegen.

4. Durch Auswertung von Lenkmoment, Fahrzeuggeschwindigkeit, Motordrehzahl des Verbrennungsmotors, Lenkwinkel, Lenkgeschwindigkeit und im Steuergerät abgelegten Kennlinien errechnet das Steuer-gerät das für die Rückstellung erforderliche Drehmoment des Elektromotors.

5. Der Motor wird angesteuert und es wird eine Lenkunterstützung aufgebracht, die die Räder in Richtung Geradeausstellung zurückstellt.

Die Geradeauslaufkorrektur

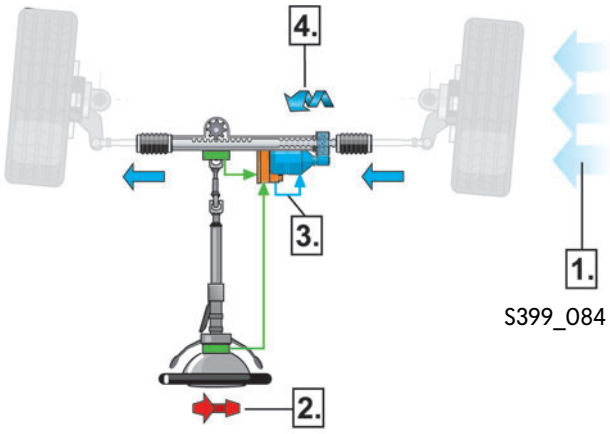
Die Geradeauslaufkorrektur ist eine Funktion, die aus dem Aktiven Rücklauf hervorgeht. Hier wird eine Lenkunterstützung erzeugt, um ein Fahrzeug wieder in die momentenfreie Geradeausfahrt zu bringen. Dabei wird zwischen einem Langzeit- und einem Kurzzeitalgorithmus unterschieden.

Langzeitalgorithmus

Der Langzeitalgorithmus besitzt die Aufgabe, langfristige Abweichungen von der Geradeausfahrt, die zum Beispiel durch den Wechsel von Sommer- auf angefahrene (gebrauchte) Winterreifen auftreten können, auszugleichen.

Kurzzeitalgorithmus

Durch den Kurzzeitalgorithmus werden kurzzeitige Abweichungen korrigiert. Dadurch wird der Fahrer entlastet, der beispielsweise bei konstantem Seitenwind konstant „Gegenlenken“ müsste.



S399_084

Rückstellkräfte

Lenkunterstützung

wirksame Lenkkraft

1. Eine konstante Seitenkraft, zum Beispiel Seitenwind, wirkt auf das Fahrzeug.

2. Der Fahrer schlägt das Lenkrad ein, um das Fahrzeug im Geradeauslauf zu halten.

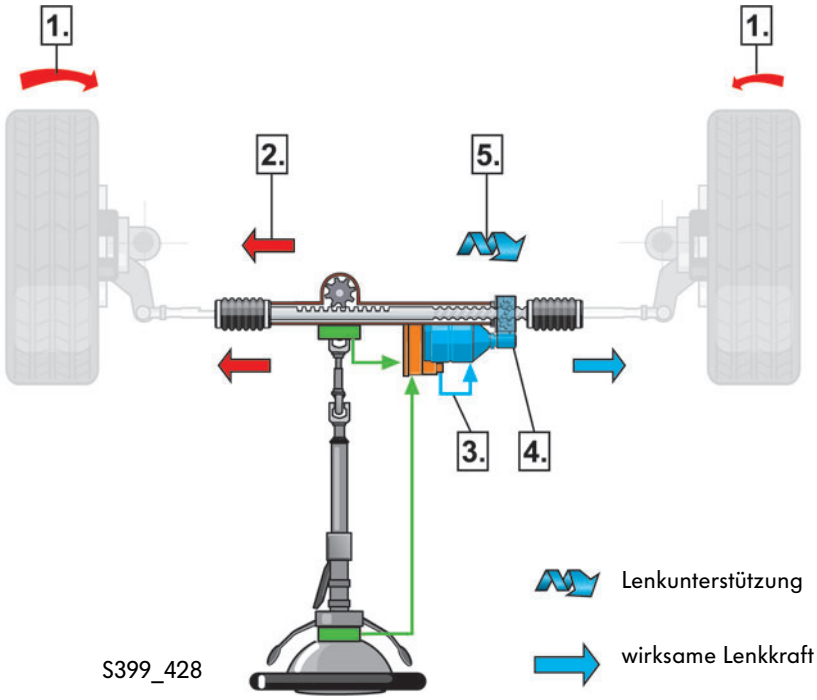
3. Durch Auswertung von Lenkmoment, Fahrzeuggeschwindigkeit, Motordrehzahl des Verbrennungsmotors, Lenkwinkel, Lenkgeschwindigkeit und im Steuergerät abgelegten Kennlinien errechnet das Steuergerät das für die Geradeauslaufkorrektur erforderliche Drehmoment des Elektromotors.

4. Der Motor wird angesteuert. Das Fahrzeug wird in die Geradeausfahrt gebracht.
   Der Fahrer muss nicht mehr „Gegenlenken“.

Funktion

Der Schiefziehausgleich

Der Schiefziehausgleich (auch als Torque Steer-Kompensation bezeichnet) ist eine neue Funktion der elektro-mechanischen Servolenkung für frontgetriebene Fahrzeuge. Sie verhindert ein Schiefziehen beim Beschleunigen mit leistungsstarken Motoren und unterschiedlich langen Gelenkwellen.



1. Die beim Quermotor und Frontantrieb unterschiedlich langen Gelenkwellen haben unterschiedliche Beugewinkel, wodurch beim Beschleunigen an den Rädern verschieden große Momente um die Hochachse entstehen.
   Diese Momente können ein Schiefziehen verursachen.

2. Es entsteht eine Kraft in Richtung des größeren Momentes um die Hochachse.

3. Das Steuergerät für Lenkhilfe errechnet die erforderliche Lenkunterstützung, um das Schiefziehen auszugleichen, und steuert den Elektromotor an.

4. So wird die erforderliche Lenkunterstützung über das Lenkgetriebe mit riemengetriebener Kugelspindel auf die Zahnstange übertragen.

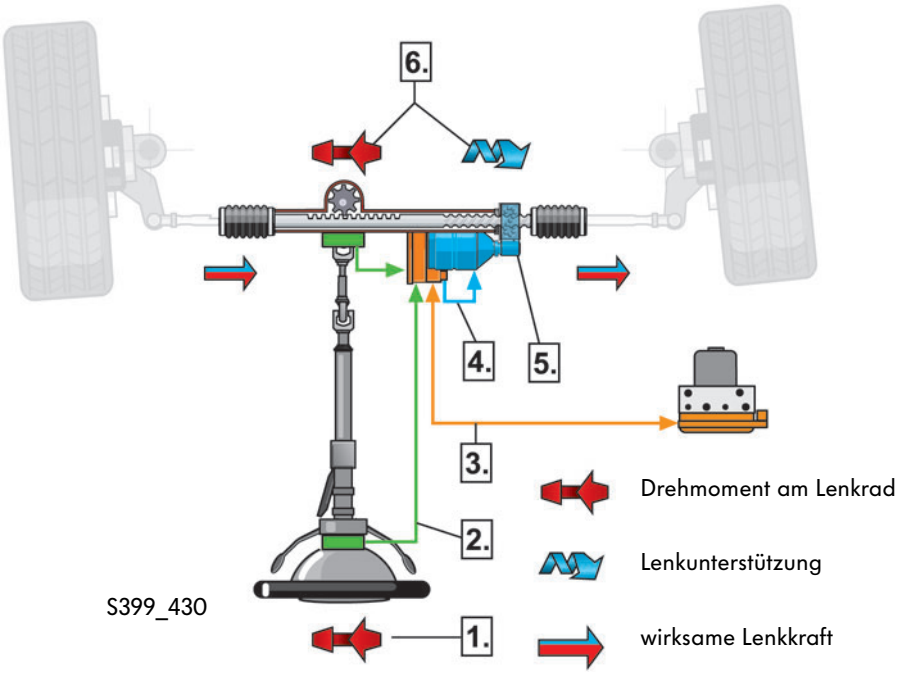
5. Die wirksame Lenkkraft wird ausschließlich von der Lenkunterstützung erzeugt.



Weitere Informationen zum Schiefziehausgleich finden Sie im Selbststudienprogramm 404 „Der Tiguan 2008“.

Die Gegenlenkunterstützung

Die Gegenlenkunterstützung ist eine ergänzende Sicherheitsfunktion im ESP. Dieses Assistenzsystem macht es dem Fahrer leichter, in kritischen Situationen (z. B. beim Bremsen auf unterschiedlich griffigen Fahrbahnoberflächen oder bei querdynamischen Fahrmanövern) das Fahrzeug zu stabilisieren.



S399_430

1. Durch unterschiedliche Griffigkeit der Fahrbahn entstehen beim Bremsen Querkräfte und Drehraten, die durch Gegenlenken ausgeglichen werden müssen. Der Fahrer lenkt gegen.

2. Der Lenkwinkelgeber erfasst das Maß der Lenkbewegung des Fahrers.

3. Über CAN-Datenbus werden diese Signale an das ESP-Steuergerät weitergegeben, welches mit Hilfe seiner Sensorik eine kritische Fahrsituation erkannt hat. Es errechnet die erforderliche Lenkunter stützung, um den Fahrer beim Gegenlenken zu unterstützen, und gibt dieses an das Steuergerät für Lenkhilfe weiter.

4. Das Steuergerät für Lenkhilfe steuert den Elektromotor an.

5. So wird die erforderliche Lenkunterstützung über das Lenkgetriebe mit riemengetriebener Kugelspindel auf die Zahnstange übertragen.

6. Die wirksame Lenkkraft ergibt sich aus der Summe von Drehmoment am Lenkrad und der Lenkunterstützung.

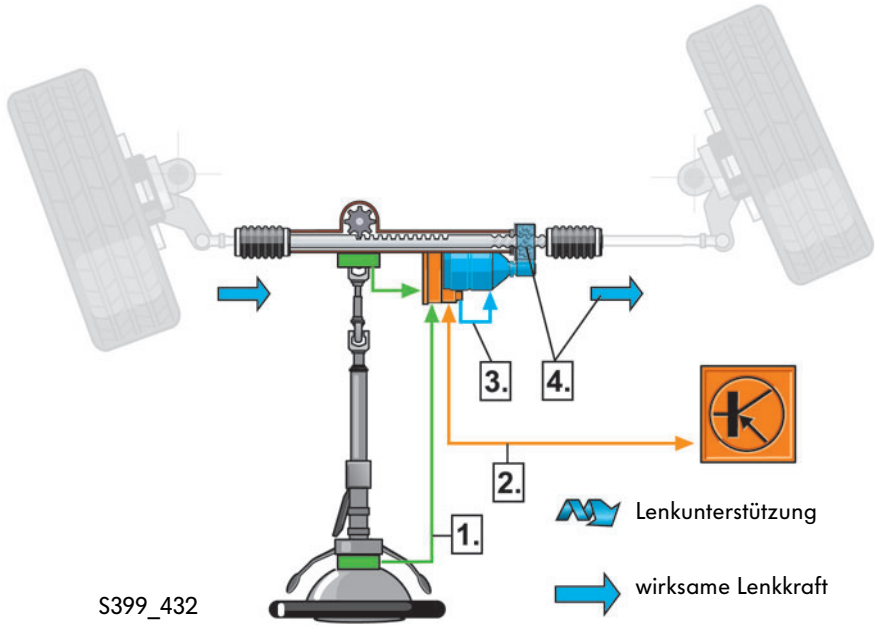


Weitere Informationen zur Gegenlenkunterstützung finden Sie im Selbststudienprogramm 374 „Schlupfregel- und Assistenzsysteme“.

Funktion

Der Parklenkassistent

Der Parklenkassistent ist eine aktive Hilfsfunktion für das Rückwärtseinparken.



S399_432

1. Wenn der Fahrer den automatischen Einparkvorgang startet, indem er bei stehendem Fahrzeug den Rückwärtsgang einlegt, das Gaspedal betätigt und das Bremspedal loslässt, darf von ihm kein Lenkmoment über das Lenkrad aufgebracht werden.

2. Über CAN-Datenbus gibt das Steuergerät für Parklenkassistent, welches mit Hilfe seiner Sensorik die Einparksituation erkannt hat, den erforderlichen Lenkeinschlag vor und steuert das Steuergerät für Lenkhilfe an.

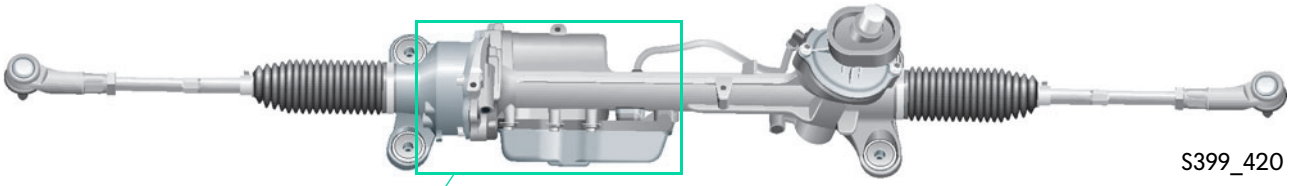
3. Das Steuergerät für Lenkhilfe steuert den Elektromotor an.

4. So wird der notwendige Lenkeinschlag über das Lenkgetriebe mit riemengetriebener Kugelspindel auf die Zahnstange eingestellt.



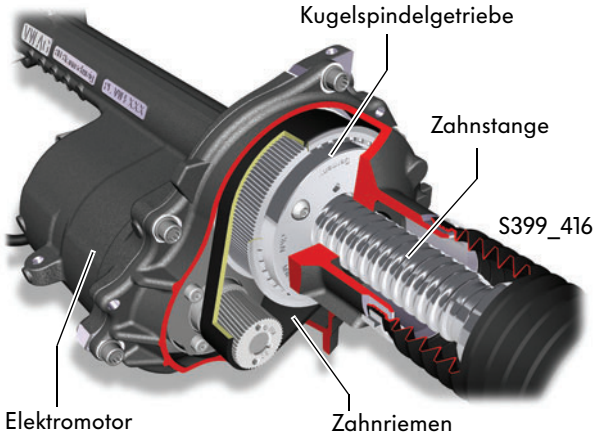
Weitere Informationen zum Parklenkassistent finden Sie im Selbststudienprogramm 389 „Der Parklenkassistent“.

Das Lenkgetriebe



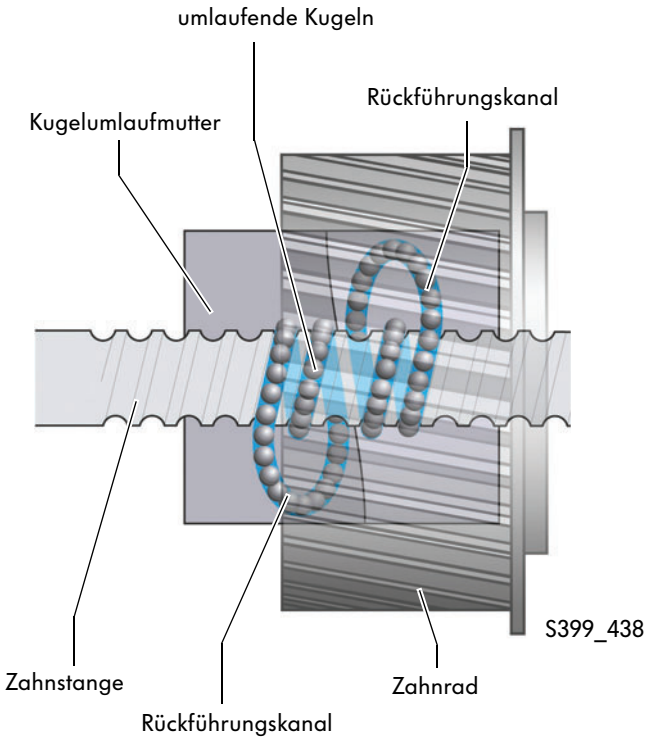
S399_420

Servogetriebe



Bei der elektro-mechanischen Servolenkung mit Achs-Parallelem Antrieb wird mit Hilfe des Servogetriebes die erforderliche Lenkkraft in die Zahnstange eingeleitet. Das Servogetriebe besteht aus dem Motor für elektro-mechanische Servolenkung V187, dem Kugelspindelgetriebe und dem Steuergerät für Lenkhilfe J500.

Als Lenkgetriebe kommt bei dieser Servolenkung ein vollständig neu entwickeltes Getriebe zum Einsatz. Über ein Kugelspindelgetriebe wird die Drehbewegung des Elektromotors in eine Längsbewegung verwandelt und auf die Zahnstange übertragen.



Aufbau

Die Drehbewegung des parallel zur Zahnstange angeordneten Elektromotors wird über einen Zahnriemen auf das Kugelspindelgetriebe übertragen.

Kernstück des Lenkgetriebes ist die Kugelumlaufmutter, die fest im Gehäuse gelagert ist und die in diesem Bereich als Spindel ausgeführte Zahnstange umschließt.

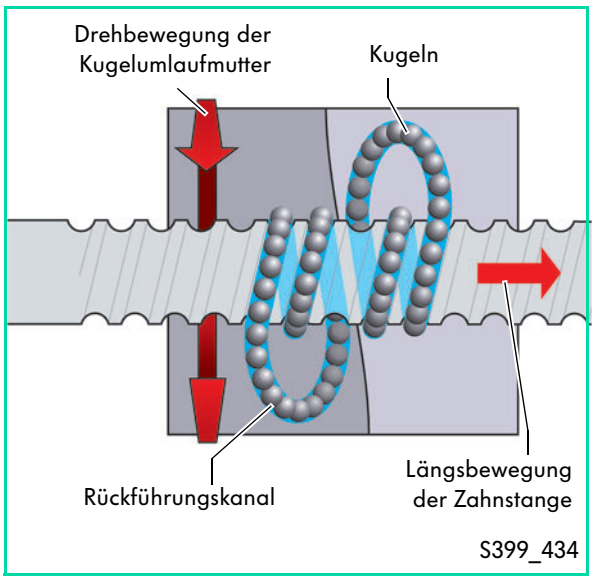
Eine konstruktive Besonderheit des Kugelspindelgetriebes sind die Rückführungskanäle der Kugeln in der Kugelumlaufmutter.

Mechanik der Lenkung

So funktioniert es

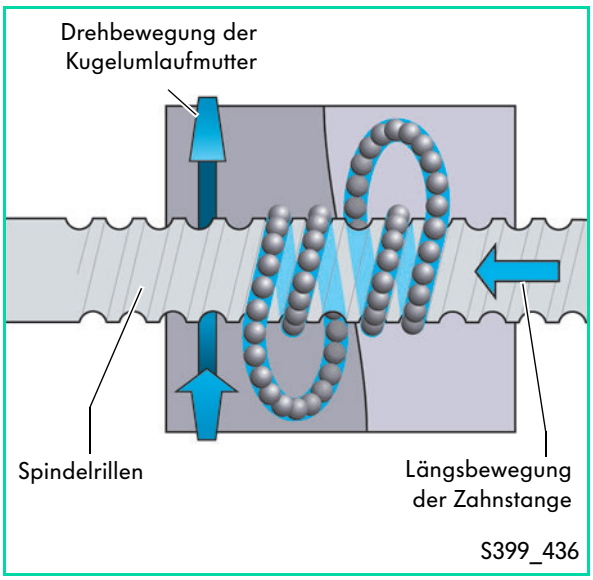
Die Kugelumlaufmutter wird je nach gewünschter Lenkrichtung im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn verdreht. Da die Zahnstange in dem Bereich als Spindel ausgeführt ist, schiebt die Drehbewegung der Kugelumlaufmutter die Zahnstange in die gewünschte Richtung.

Lenkrichtung des Fahrzeugs nach links



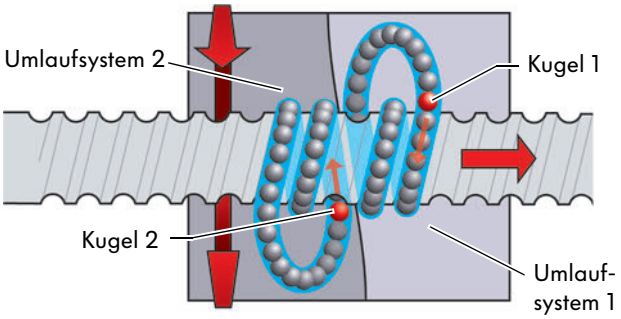
Die Kugelumlaufmutter wird im Uhrzeigersinn verdreht. Die Zahnstange bewegt sich nach rechts.

Lenkrichtung des Fahrzeugs nach rechts



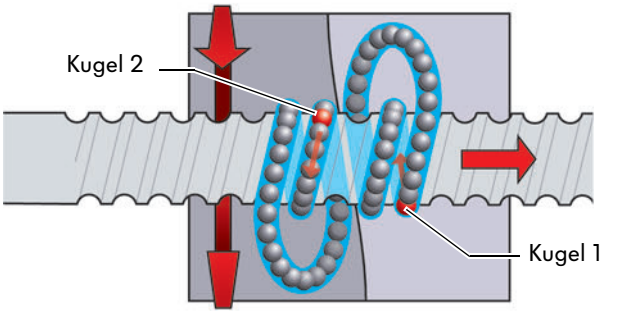
Die Kugelumlaufmutter wird gegen den Uhrzeigersinn verdreht. Die Zahnstange bewegt sich nach links.

Die Kugeln laufen mit der Bewegung der Kugelumlaufmutter in den Spindelrillen der Zahnstange. Während der Drehbewegung der Kugelumlaufmutter werden die Kugeln über die Rückführungskanäle in die Ausgangsposition zurückgeführt. Anhand von fünf zeitlich unterschiedlichen Situationen und anhand der Drehbewegung der Kugelumlaufmutter im Uhrzeigersinn soll der Weg der Kugeln am Beispiel zweier Kugeln näher veranschaulicht werden. Die Kugelmutter hat zwei voneinander unabhängige Umlaufsysteme mit Kugeln und Rückführungskanälen. Beide Systeme sind spiegelbildlich angeordnet. Die Rückführungskanäle sind notwendig, weil sonst die Kugeln gegen den Anschlag laufen würden und die Lenkung somit blockieren würde.



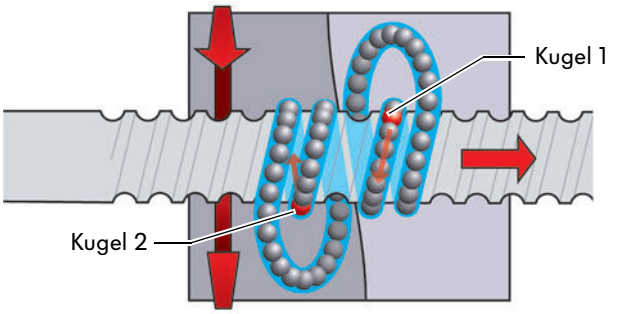
Situation 1

Kugel 1 kommt aus den Rückführungskanal und bewegt sich in der Spindelrille nach unten.
Kugel 2 kommt aus den Rückführungskanal und bewegt sich in der Spindelrille (in der Darstellung im unsichtbaren, hinteren Bereich) nach oben.



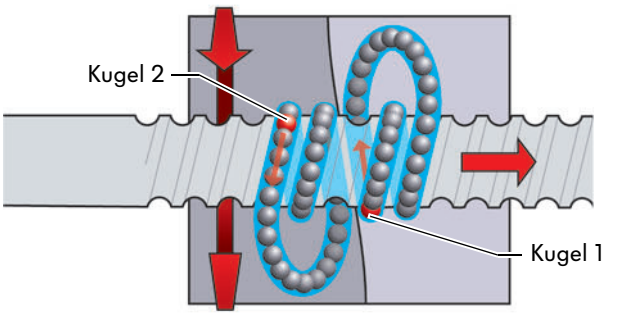
Situation 2

Kugel 1 bewegt sich in der Spindelrille (in der Darstellung im unsichtbaren, hinteren Bereich) nach oben. Kugel 2 bewegt sich in der Spindelrille nach unten.



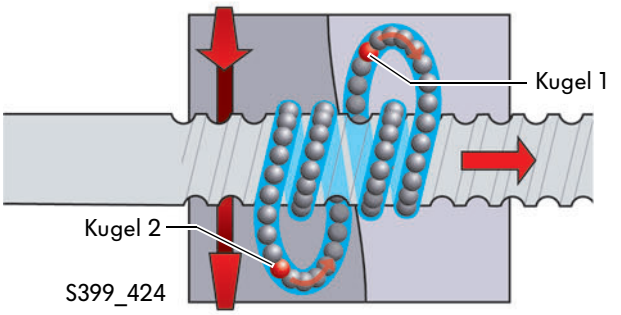
Situation 3

Kugel 1 bewegt sich in der Spindelrille nach unten. Kugel 2 bewegt sich in der Spindelrille (in der Darstellung im unsichtbaren, hinteren Bereich) nach oben.



Situation 4

Kugel 1 bewegt sich in der Spindelrille (in der Darstellung im unsichtbaren, hinteren Bereich) nach oben. Kugel 2 bewegt sich in der Spindelrille nach unten.

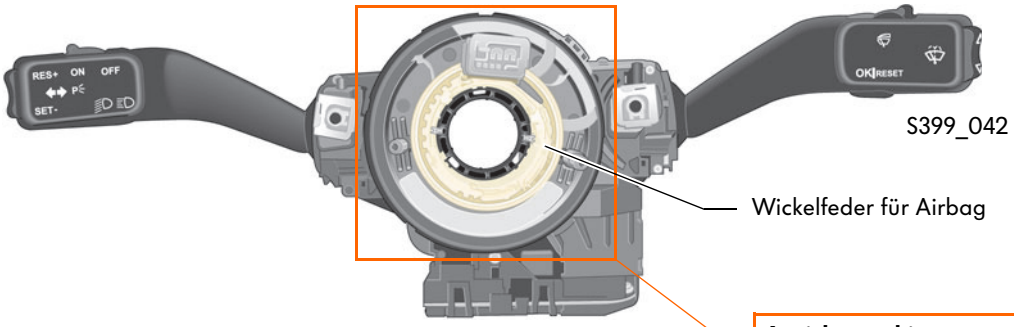


Situation 5

Beide Kugeln werden über die Rückführungskanäle in die Ausgangsposition der jeweiligen Umlaufsysteme zurückgeführt. Die Kugelmutter kann so auf einer Kugelrille rotieren und die Spindel über weite Wege seitlich verschieben.

Elektrik der Lenkung

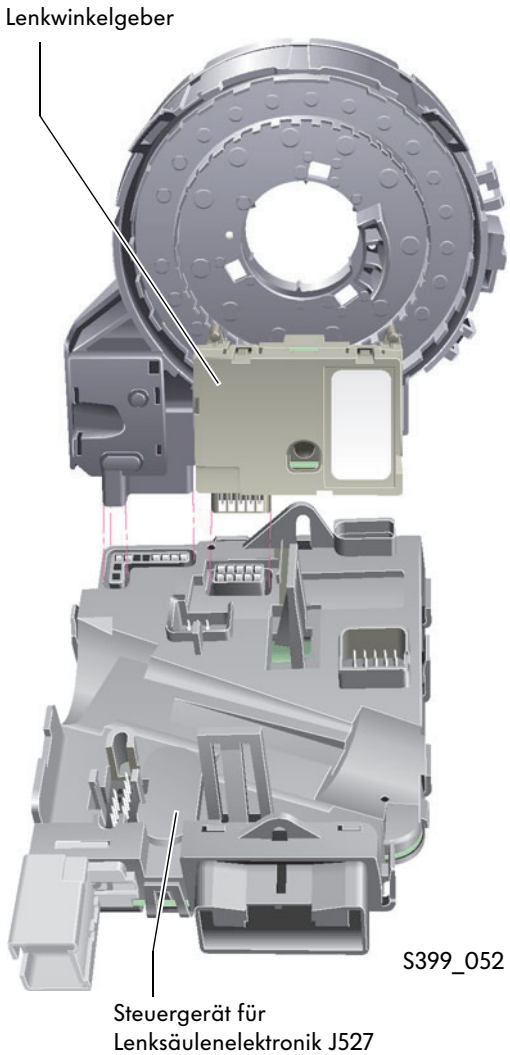
Der Lenkwinkelgeber G85



Der Lenkwinkelgeber G85 befindet sich hinter dem Rückstellring mit dem Schleifring für Airbag. Er sitzt auf der Lenksäule zwischen Lenkstockschalter und Lenkrad.

Der Lenkwinkelgeber liefert das Signal zur Ermittlung des Lenkwinkels an das Steuergerät für Lenksäulenelektronik J527 über den CAN-Datenbus.
Im Steuergerät für Lenksäulenelektronik befindet sich die Elektronik zur Auswertung der Signale.

Ansicht von hinten

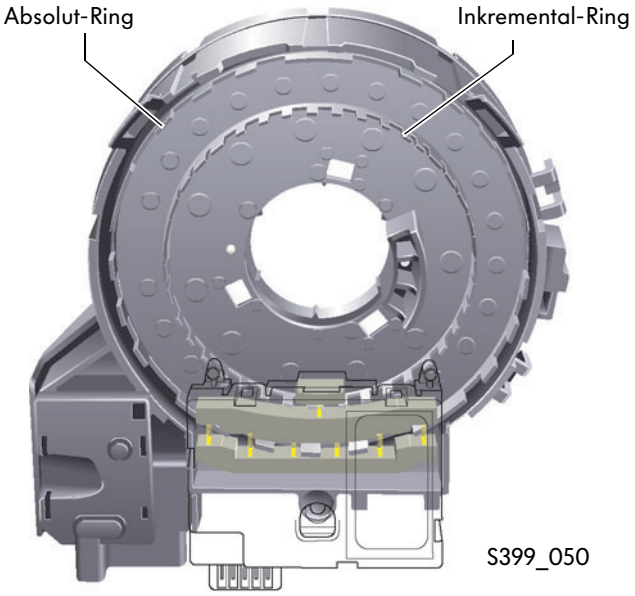


Auswirkungen bei Ausfall

Bei Ausfall des Sensors wird ein Notlaufprogramm gestartet. Das fehlende Signal wird auf einen Ersatzwert gesetzt.
Die Lenkunterstützung bleibt vollständig erhalten.
Der Fehler wird durch das Aufleuchten der Kontrollleuchte für elektromechanische Servolenkung K161 angezeigt.
Folgende Funktionen werden z. B. abgeschaltet:

- Aktiver Rücklauf
- Software-Endanschläge
- Geradeauslaufkorrektur

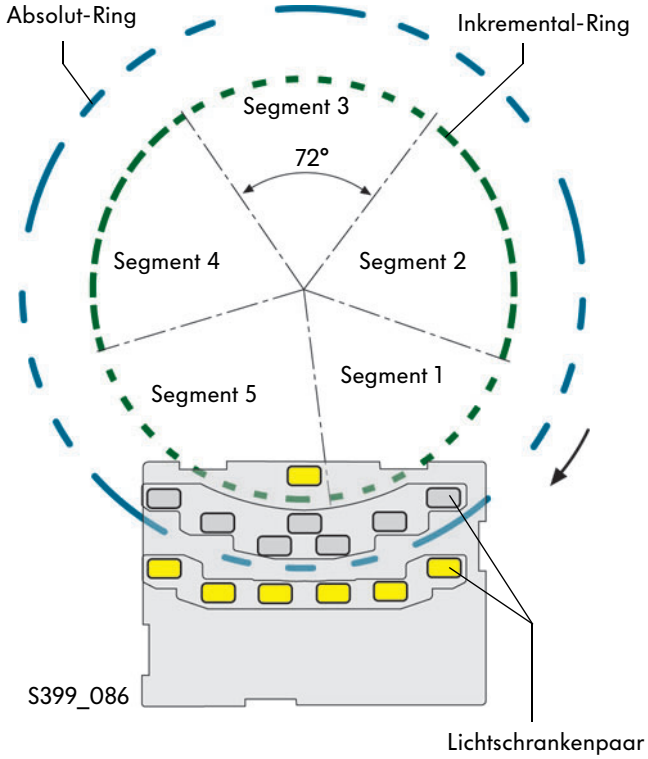
Funktionsprinzip



Grundbestandteile des Gebers für Lenkwinkel sind:

- eine Codierscheibe mit zwei Coderingen
- Lichtschrankenpaare mit jeweils einer Lichtquelle und einem optischen Sensor

Die Codierscheibe besteht aus zwei Ringen, dem äußeren Absolut-Ring und dem inneren Inkremental-Ring.



Der Inkremental-Ring ist in 5 Segmente mit je 72° aufgeteilt und wird von einem Lichtschrankenpaar abgelesen. Innerhalb des Segments ist der Ring durchbrochen. Die Abfolge der Durchbrüche ist innerhalb eines Segmentes gleich, aber zwischen den Segmenten unterschiedlich. Dadurch ergibt sich die Codierung der Segmente.

Der Absolut-Ring bestimmt den Winkel. Er wird von 6 Lichtschrankenpaaren abgelesen.

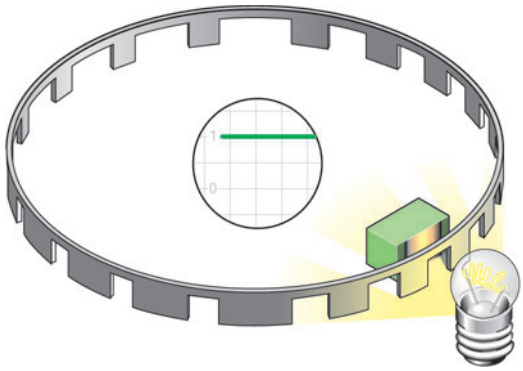
Der Lenkwinkelgeber kann 1044° Lenkwinkel erkennen. Er addiert die Winkelgrade. So erkennt er beim Überschreiten der 360° Marke, dass eine Lenkradumdrehung vollzogen ist.

Der konstruktive Aufbau des Lenkwinkelgebers ermöglicht 2,76 Umdrehungen des Lenkrades.

Elektrik der Lenkung

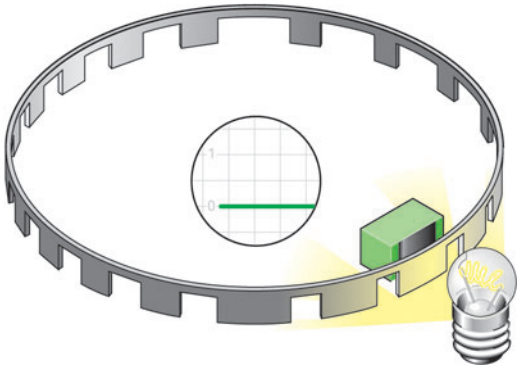
Die Messung des Winkels erfolgt nach dem Prinzip der Lichtschranke.

Wird zur Vereinfachung nur der Inkremental-Ring betrachtet, so befindet sich auf der einen Seite des Segmentringes die Lichtquelle und auf der anderen Seite der optische Sensor.



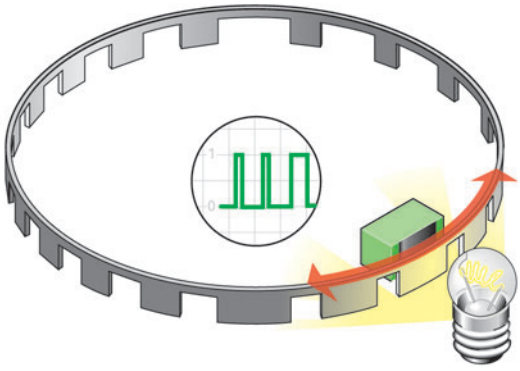
S399_114

Fällt Licht durch einen Spalt auf den Sensor, entsteht eine Signalspannung. Wird die Lichtquelle verdeckt, fällt die Spannung wieder ab.



S399_116

Bewegt man nun den Inkremental-Ring, so ergibt sich eine Abfolge von Signalspannungen.

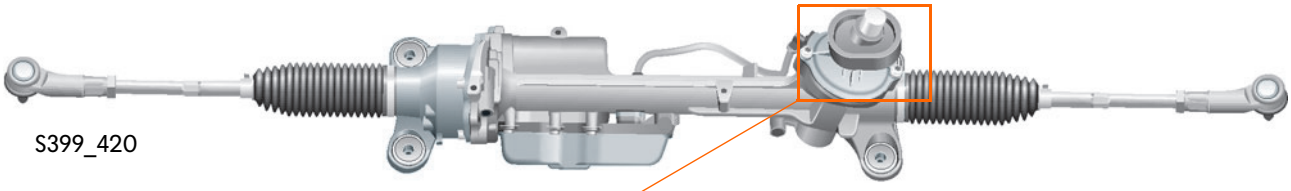


S399_118

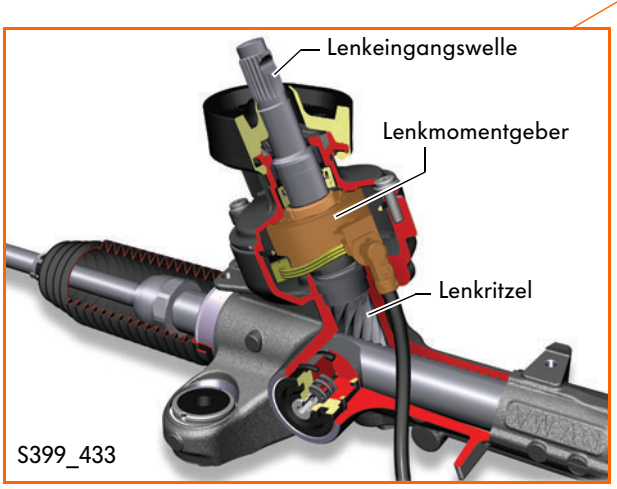
Genauso entsteht auch beim Absolut-Ring je Lichtschrankenpaar eine Abfolge von Signalspannungen. Alle Abfolgen von Signalspannungen werden im Steuergerät für Lenksäulenelektronik verarbeitet.

Aus dem Vergleich der Signale kann das System errechnen, wie weit die Ringe bewegt worden sind. Dabei wird der Startpunkt der Bewegung vom Absolut-Teil bestimmt.

Der Lenkmomentgeber G269

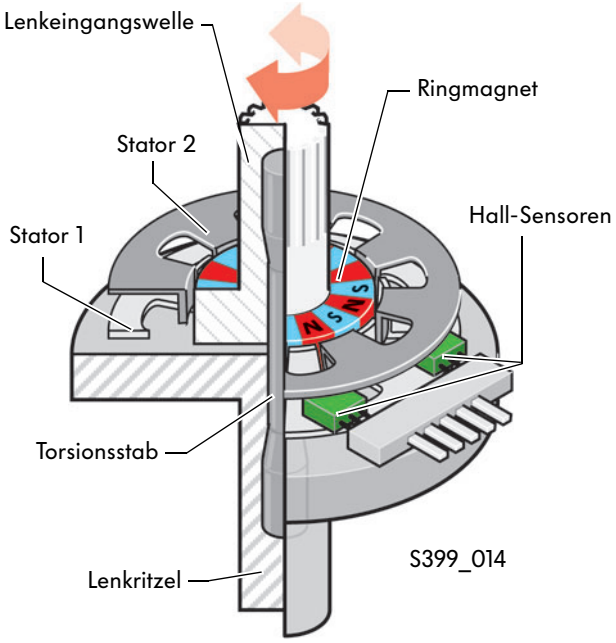


S399_420



S399_433

Das vom Fahrer aufgebrachte Lenkmoment am Lenkrad ist die Basis für die Berechnung der Unterstützungskraft, die vom Lenksystem bereitgestellt wird. Das Lenkmoment wird mit Hilfe des Gebers für Lenkmoment G269 direkt am Lenkritzel ermittelt. Dabei wird eine Relativdrehung der Lenkeingangswelle gegenüber dem Lenkritzel gemessen und in ein analoges elektrisches Ausgangssignal umgesetzt.



S399_014

Aufbau

Am Drehmomentsensor sind die Lenkeingangswelle und das Lenkritzel über einen Torsionsstab miteinander verbunden. Der Torsionsstab hat eine definierte Torsionssteifigkeit.

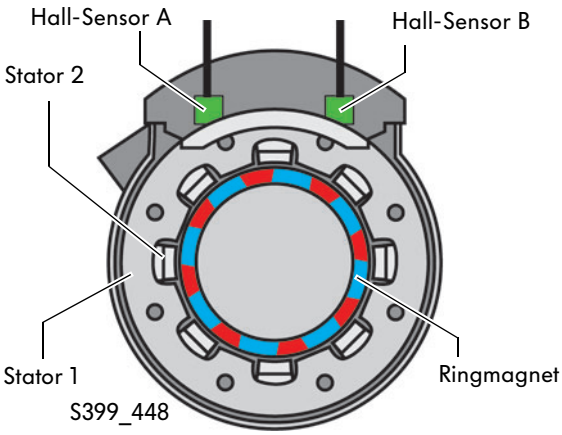
Ein sechzehnpoliger Ringmagnet (acht Polpaare) sitzt mitdrehend auf der Lenkeingangswelle. Zwei Statoren mit jeweils acht Zähnen sitzen mitdrehend auf dem Lenkritzel. In Ruhestellung stehen die Zähne der Statoren genau mittig zwischen den jeweiligen Südpolen und Nordpolen des Ringmagneten.
Die Hallsensoren sitzen fest am Gehäuse und drehen nicht mit.

Elektrik der Lenkung

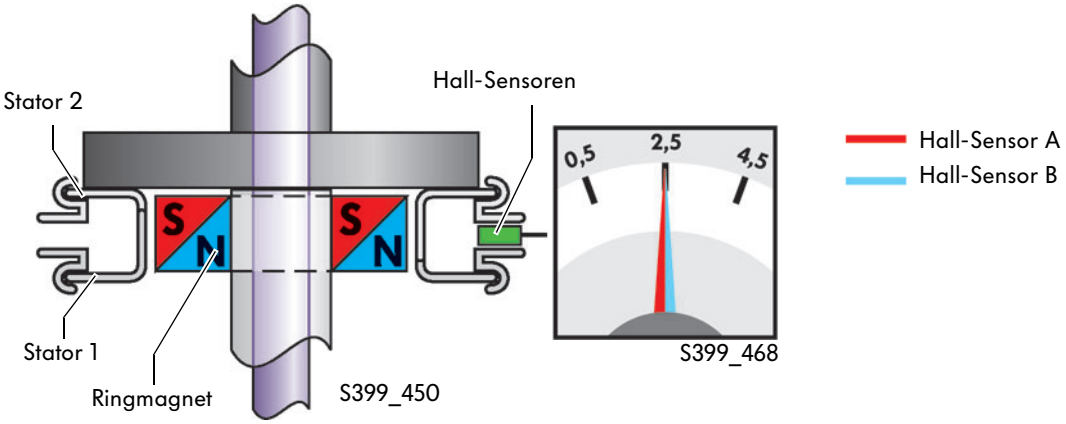
So funktioniert es

Der Sensor arbeitet berührungslos nach dem magnetoresistiven Funktionsprinzip. Die Höhe und Ausrichtung des magnetischen Flusses zwischen Stator 1 und Stator 2 ist ein direktes Maß des Lenkmomentes und wird von zwei linearen Hall-Sensoren (redundante Auslegung) erfasst. Je nach aufgebrachtem Lenkmoment und somit Torsionswinkel bewegt sich das Signal eines Hall-Sensors zwischen Nullstellung und der Maximalstellung.

Nullstellung



Bei der Nullstellung des Drehmomentsensors befinden sich die Zähne des Stators 1 und des Stators 2 genau auf der Mitte zwischen zwei Magnetpolen.

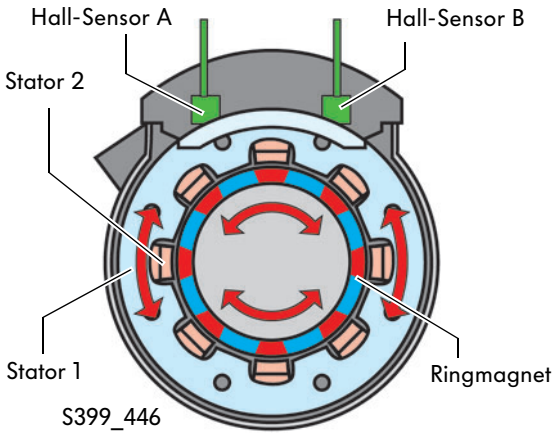


Somit hat weder der Stator 1 noch der Stator 2 eine nördliche oder südliche Ausrichtung.
Zwischen den beiden Statoren kann sich kein magnetisches Feld bilden.

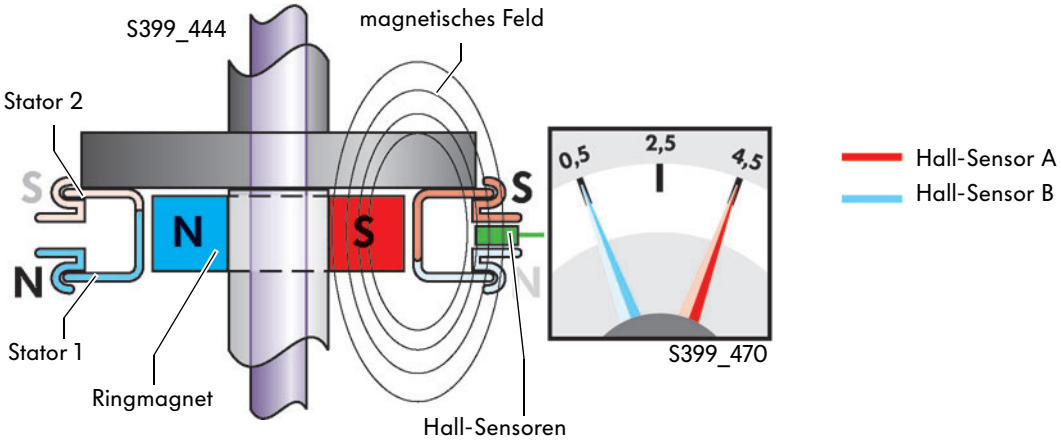
Die Hallsensoren werden mit einer Eingangsspannung von 5V versorgt. Da sich zwischen den beiden Statoren kein magnetisches Feld gebildet hat, geben die Hallsensoren ein Signal für das Nullmoment von 2,5V aus.

Maximalstellung

Dreht der Fahrer am Lenkrad, ergibt sich ein Torsionswinkel zwischen der Lenkeingangswelle und dem Lenkritzel. Der Ringmagnet verdreht sich gegenüber Stator 1 und 2. Wenn die acht Zähne des Stators 1 genau auf den Nordpolen und die acht Zähne des Stators 2 genau auf den Südpolen des Ringmagneten sitzen, hat der Sensor die Maximalstellung eingenommen. Das bedeutet, der Stator 1 hat z. B. eine nördliche Ausrichtung und der Stator 2 hat eine südliche Ausrichtung.



Zwischen den beiden Statoren bildet sich ein magnetisches Feld. Dieses Feld wird von den Hallsensoren erfasst und in ein elektrisches Signal umgesetzt. Wenn der Hall-Sensor A die maximale Spannung von 4,5V ausgibt, gibt der Hall-Sensor B eine minimale Spannung von 0,5V aus.
Bei entgegengesetzter Lenkrichtung gibt der Hall-Sensor A die Spannung von 0,5V aus und der Hall-Sensor B die Spannung von 4,5V aus.



Auswirkungen bei Ausfall

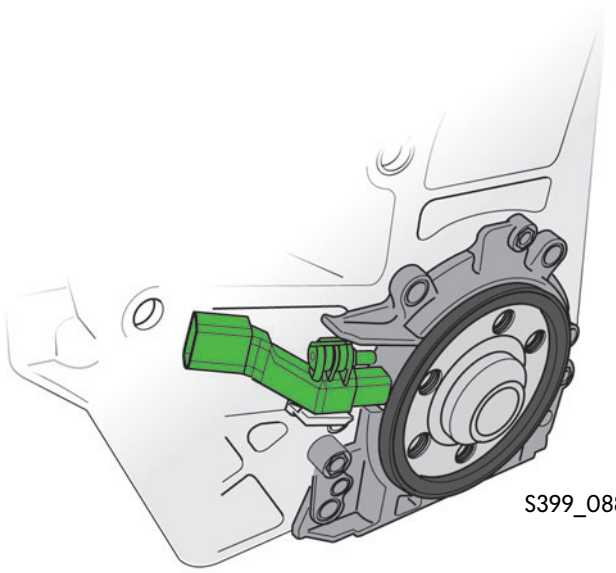
Bei einem Defekt am Lenkmomentgeber muss das Lenkgetriebe ausgetauscht werden. Wird ein Defekt erkannt, wird die Lenkunterstützung abgeschaltet. Die Abschaltung erfolgt nicht plötzlich, sondern „weich“.

Um diese „weiche“ Abschaltung zu erreichen, wird vom Steuergerät ein Lenkmoment-Ersatzsignal aus Lenk- und Rotorwinkel des Elektromotors berechnet. Ein Fehler wird durch das rote Aufleuchten der Kontrollleuchte für elektromechanische Servolenkung K161 angezeigt.

Elektrik der Lenkung

Der Motordrehzahlgeber G28

Der Motordrehzahlgeber ist ein Hallgeber. Er ist in dem Gehäuse des Kurbelwellendichtflansches festgeschraubt.



S399_088

Signalverwendung

Durch das Signal des Gebers für Motordrehzahl werden die Drehzahl des Motors und die genaue Stellung der Kurbelwelle vom Motorsteuergerät erfasst.

Auswirkungen bei Ausfall

Bei Ausfall des Gebers für Motordrehzahl geht die Lenkung mit Klemme 15 in Betrieb. Der Fehler wird nicht durch ein Aufleuchten der Kontrollleuchte für elektromechanische Servolenkung K161 angezeigt.



Weitere Informationen zum Motordrehzahlgeber G28 finden Sie im SSP 316 „Der 2,0 l TDI-Motor“.

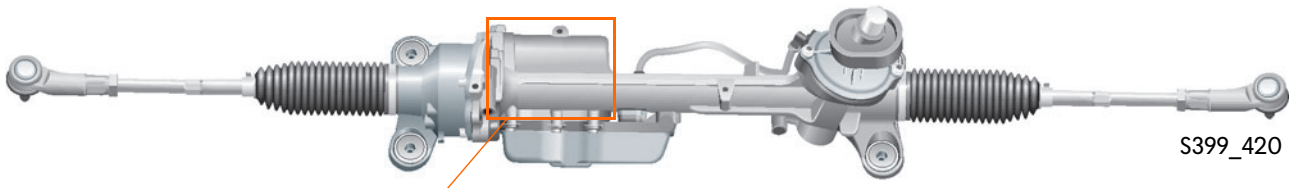
Die Fahrzeuggeschwindigkeit

Das Signal für die Fahrzeuggeschwindigkeit wird vom Steuergerät für ABS geliefert.

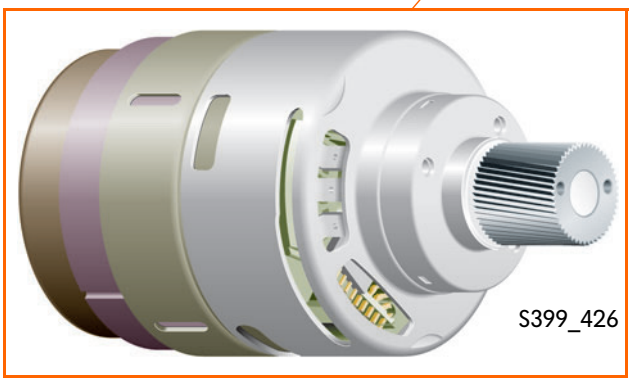
Auswirkungen bei Ausfall

Bei Ausfall des Signals für die Fahrzeuggeschwindigkeit wird ein Notlaufprogramm gestartet. Dem Fahrer steht eine volle Lenkunterstützung, aber keine Servotronic-Funktion zur Verfügung. Der Fehler wird durch ein gelbes Aufleuchten der Kontrollleuchte für elektromechanische Servolenkung K161 angezeigt.

Der Motor für elektro-mechanische Servolenkung V187



S399_420



S399_426

Der Motor für elektro-mechanische Servolenkung V187 ist parallel zur Zahnstange in dem Lenkgehäuse verbaut. Er überträgt die lenkunterstützende Kraft über einen Zahnriemen auf das Kugelspindelgetriebe.

Der Elektromotor entwickelt ein maximales Drehmoment von 4,5Nm zur Unterstützung der Lenkung.

Der Motor für elektro-mechanische Servolenkung V187 ist ein 3-Phasen-Synchronmotor. Bei einem Synchronmotor dreht der Läufer synchron mit dem Feld des Statorstroms.

Gegenüber einem Asynchronmotor bietet dieser Synchronmotor folgende Vorteile.

- Er ist leichter.
- Er ist verschleißfrei, weil er bürstenlos ist.
- Er hat als Läufer einen Dauermagneten.
- Er braucht keine Vorerregung.
- Er ist energiesparend und reaktionsschneller.

Der Synchronmotor hat einen guten elektrischen Wirkungsgrad, da die stromzehrende magnetische Vorerregung eines Asynchronmotors entfällt.
So konnte gegenüber vergleichbaren Lenksystemen der aktive Stromverbrauch reduziert werden.

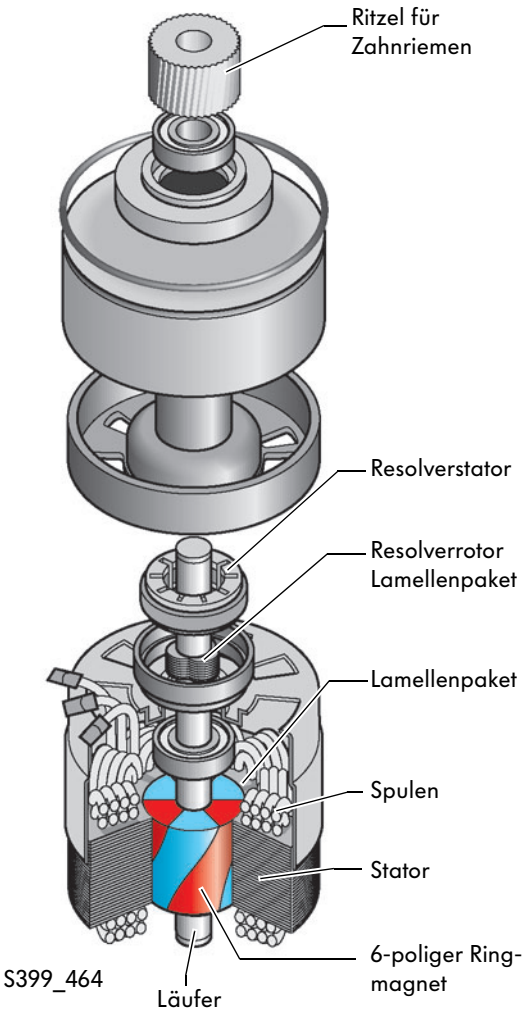
Auswirkungen bei Ausfall

Bei defektem Motor erfolgt keine Servounterstützung.

Elektrik der Lenkung

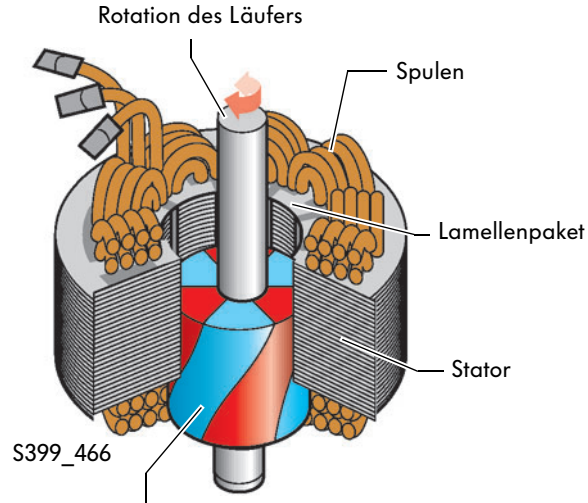
Aufbau

Der Motor für elektro-mechanische Servolenkung besteht unter anderem aus einem Läufer und einem Stator.
Der Läufer ist ein 6-poliger Ringmagnet aus Selten-Erden-Magneten. Selten-Erden-Magneten ermöglichen sehr hohe magnetische Feldstärken in Verbindung mit kleinstmöglichen baulichen Abmessungen.
Der Stator besteht aus 9 Spulen und 9 Lamellenpaketen. Diese Anzahl ergibt eine unpaarige Anordnung. Die Spulen werden in Form einer hintereinander versetzten Sinuskurve gemischt bestromt, so dass aus allen drei Magnetfeldern ein resultierendes Magnetfeld entsteht und den Rotor hinter sich her zieht. Zur Erhöhung der Laufruhe ist die Magnetisierung des 6-poligen Ringmagneten schräg ausgeführt.



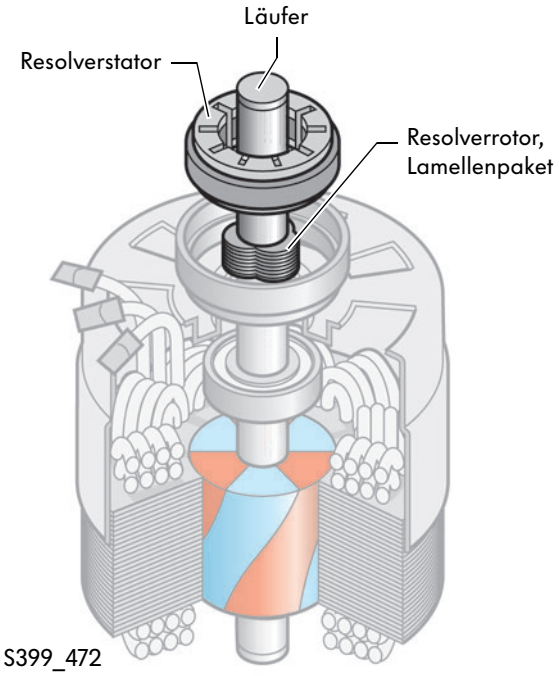
So funktioniert es

Durch die Bestromung der Spulen wird ein bewegtes magnetisches Drehfeld im Stator erzeugt. Der Magnet des Läufers stellt sich, wie eine Kompassnadel im Magnetfeld der Erde, entsprechend der Richtung des durch die Spulen erzeugten Drehfeldes ein. Durch die Bestromung kann die Drehzahl und die Drehrichtung bestimmt werden.
Durch die unpaarige Anzahl der 9 Spulen und der 6 Magnetpole des Läufers, wird dieser spontan in Rotation versetzt. Es ist keine Vorerregung notwendig. Der Läufer dreht synchron mit dem Feld des Statorstromes. Deshalb wird der Motor auch als Synchronmotor bezeichnet.



Der Geber für Motorposition

Der Geber für Motorposition ist Bestandteil des Motors für elektro-mechanische Servolenkung V187.
Er ist von außen nicht zugänglich.



S399_472

Aufbau

An einem Wellenende befindet sich der Geber für Motorposition. Der Geber für Motorposition basiert auf dem Resolverprinzip. Er besteht aus dem Resolverstator mit 10 Spulen und dem Resolverrotor. Der Resolverrotor ist ein Lamellenpaket aus Eisen.

Signalverwendung

Der Geber für Motorposition dient zur Ermittlung der absoluten Lage des Läufers innerhalb einer Umdrehung. Außerdem wird aus dem Signal die Rotordrehzahl und die Drehrichtung abgeleitet.

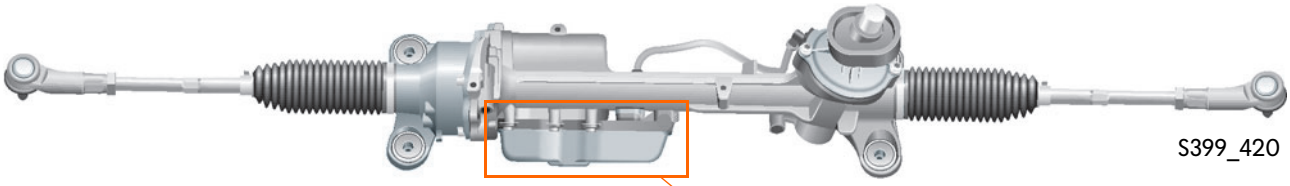
Er erfasst also die genaue Position des Motors für elektro-mechanische Servolenkung V187, die für eine präzise Ansteuerung des Motors erforderlich ist.

Auswirkungen bei Ausfall

Bei Ausfall des Sensors wird die Lenkunterstützung sicher heruntergefahren. Ein Fehler wird durch das rote Aufleuchten der Kontrollleuchte für elektromechanische Servolenkung K161 angezeigt.

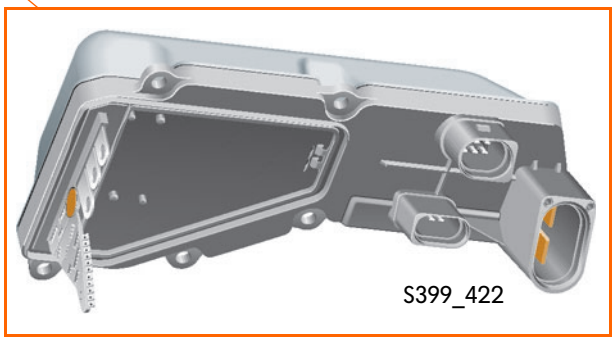
Elektrik der Lenkung

Das Steuergerät für Lenkhilfe J500



S399_420

Das Steuergerät ist mit dem Lenkgetriebe verklebt und verschraubt. Die Kontakte des Steuergerätes sind mit dem Elektromotor verschweißt und somit nicht trennbar.
Durch die Nutzung des Lenkgetriebegehäuses zur Wärmeableitung kommt es auch bei sehr hohen Wärmeentwicklungen im Steuergerät nicht zur temperaturbedingten Reduzierung der Lenkunterstützung.



S399_422

Auf Basis der Eingangssignale wie:

- dem Lenkwinkelsignal vom Geber für Lenkwinkel G85,
- der Motordrehzahl vom Geber für Motordrehzahl G28,
- dem Lenkmoment und der Rotordrehzahl des Elektromotors sowie
- dem Signal der Fahrzeuggeschwindigkeit

ermittelt das Steuergerät den jeweils aktuellen Bedarf der Lenkunterstützung. Die Stromstärke und Laufrichtung des Statorstroms wird berechnet und der Motor V187 angesteuert.

Auswirkungen bei Ausfall

Im Steuergerät ist ein Temperatursensor integriert, um die Temperatur der Lenkanlage zu erfassen.
Steigt die Temperatur über 100° C an, wird die Lenkunterstützung kontinuierlich reduziert.

Unterschreitet die Lenkunterstützung einen Wert von 60%, leuchtet die Kontrollleuchte für elektro-mechanische Servolenkung K161 gelb auf.

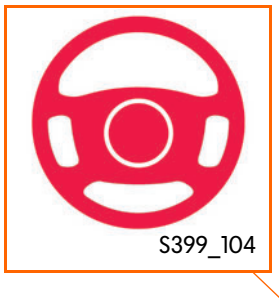


Bei defektem Steuergerät muss die Lenkung komplett getauscht werden.

Die Kontrollleuchte für elektromechanische Servolenkung K161

Die Kontrollleuchte für elektromechanische Servolenkung befindet sich in der Anzeigeeinheit im Schalttafeleinsatz. Sie dient der Anzeige von Fehlfunktionen bzw. Störungen der elektro-mechanischen Servolenkung.

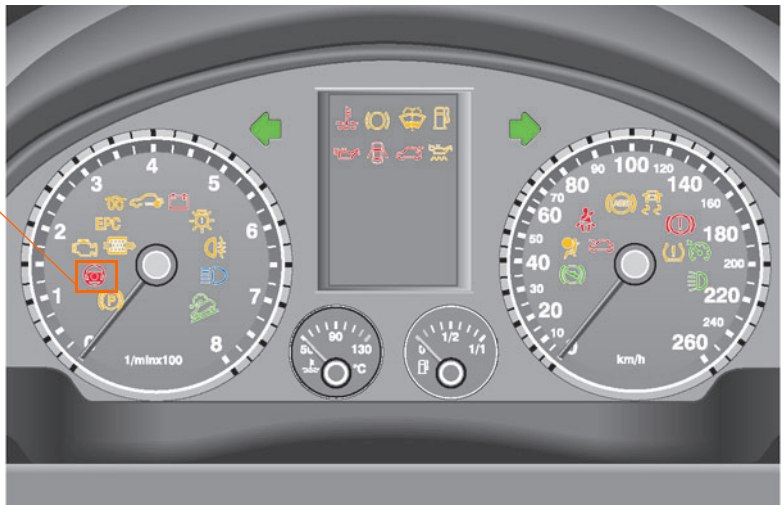
Die Kontrollleuchte leuchtet bei Fehlfunktionen in zwei Farben auf. Gelbes Aufleuchten bedeutet eine leichte Warnung. Bei rotem Aufleuchten der Kontrollleuchte für elektromechanische Servolenkung muss sofort eine Werkstatt aufgesucht werden. Leuchtet die Kontroll-leuchte rot auf, ertönt als akustisches Warnsignal einmalig ein dreifacher Gong.



S399_104



S399_105



S399_102

Beim Einschalten der Zündung leuchtet die Kontrollleuchte für elektromechanische Servolenkung rot, da das System der elektro-mechanischen Servolenkung einen Selbstcheck durchführt.

Erst wenn vom Steuergerät für Lenkhilfe das Signal kommt, dass das System ordnungsgemäß arbeitet, geht die Kontrollleuchte aus.
Dieser Selbstcheck dauert ca. zwei Sekunden. Beim Motorstart geht die Kontrollleuchte sofort aus.

Elektrik der Lenkung

Die Besonderheiten

Abschleppen

Unter den Voraussetzungen, dass

- die Geschwindigkeit größer als 7km/h und
- die Zündung an ist,

findet auch beim Abschleppen eine Lenkunterstützung statt.



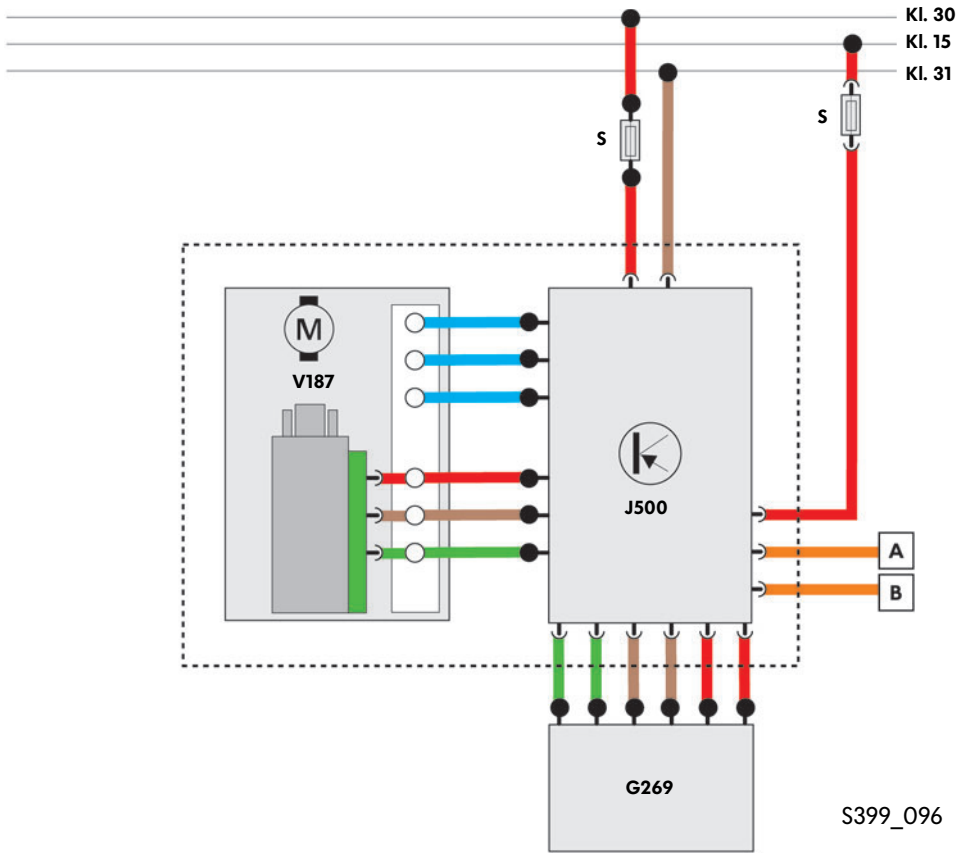
Leere Batterien

Das Lenksystem erkennt und reagiert auf Unterspannung. Sinkt die Batteriespannung bis auf 9 Volt, wird die Lenkunterstützung zunächst reduziert und die Kontrollleuchte für elektromechanische Servolenkung leuchtet gelb.

Sinkt die Batteriespannung unter 9 Volt, wird die Lenkunterstützung abgeschaltet und die Kontroll-leuchte für elektromechanische Servolenkung leuchtet rot.

Bei kurzzeitigen Spannungseinbrüchen unter 9 Volt leuchtet die Kontrollleuchte für elektromechanische Servolenkung gelb.

Funktionsplan



A - CAN-Low
B - CAN-High
G269 - Lenkmomentgeber
J500 - Steuergerät für Lenkhilfe
S - Sicherung
V187 - Motor für elektro-mechanische Servolenkung

Farbcodierung/Legende

- Eingangssignal
- Ausgangssignal
- Plus
- Masse
- CAN-Datenbus

Service

Die Diagnose

Die Systemkomponenten der elektro-mechanischen Servolenkung sind eigendiagnosefähig.

Das Anlernen der Lenkanschläge

Um einen harten mechanischen Lenkanschlag zu vermeiden, wird durch die Software eine Begrenzung vorgenommen.
Der „Softwareanschlag“ und damit die Dämpfung wird bei ca. 5° Lenkwinkel vor dem mechanischen Anschlag aktiviert.

Hierbei wird die Lenkunterstützung lenkwinkel- und lenkgeschwindigkeitsabhängig reduziert und sogar eine Gegenkraft erzeugt.
In der Funktion „Grundeinstellung“ müssen die Winkellagen für die Anschläge mit einem der Fahrzeugdiagnose-, Mess- und Informationssysteme gelöscht werden. Zum Anlernen der Lenkanschläge verwenden Sie die Detailinformationen im aktuellen Reparaturleitfaden und in der „Geführten Fehlersuche“ oder in „Geführte Funktionen“.

Notizen

Prüfen Sie Ihr Wissen

1. Wo ist der Geber für Motorposition einer „elektro-mechanische Lenkung mit Achs-Parallelem Antrieb“ verbaut?

- [ ] a) Der Geber für Motorposition ist direkt am Lenkritzel verbaut.
- [ ] b) Der Geber für Motorposition ist Bestandteil des Elektromotors V187.
- [ ] c) Der Geber für Motorposition ist zwischen Lenksäule und Lenkstockschalter verbaut.

2. Welche Art Elektromotor wird bei der „elektro-mechanische Lenkung mit Achs-Parallelem Antrieb“ verwendet?

- [ ] a) ein 3-Phasen-Synchronmotor
- [ ] b) ein 3-Phasen-Asynchronmotor
- [ ] c) ein 2-Phasen-Synchronmotor

3. Wie erfolgt bei der „elektro-mechanische Lenkung mit Achs-Parallelem Antrieb“ die Kraftübertragung zwischen Elektromotor und Zahnstange?

- [ ] a) mit einem Planetengetriebe
- [ ] b) mit einem Kugelspindelgetriebe
- [ ] c) mit einem Schneckengetriebe

4. Wie erfolgt die Übertragung der Signale vom „Lenkmomentgeber“?

- [ ] a) über eine Wickelfeder und zwei mitdrehenden Hall-Sensoren
- [ ] b) über zwei Hall-Sensoren, die fest mit dem Gehäuse verbunden sind und sich nicht drehen
- [ ] c) über einen Hall-Sensor außerhalb drehender Teile

5. Welche Funktion haben die Rückführungskanäle in der Kugelumlaufmutter?

☐ a) Sie sammeln die Kugeln.

☐ b) Sie leiten die Kugeln an der Kugelumlaufmutter vorbei.

☐ c) Sie führen die Kugeln wieder zur Ausgangsposition zurück.

Lösungen

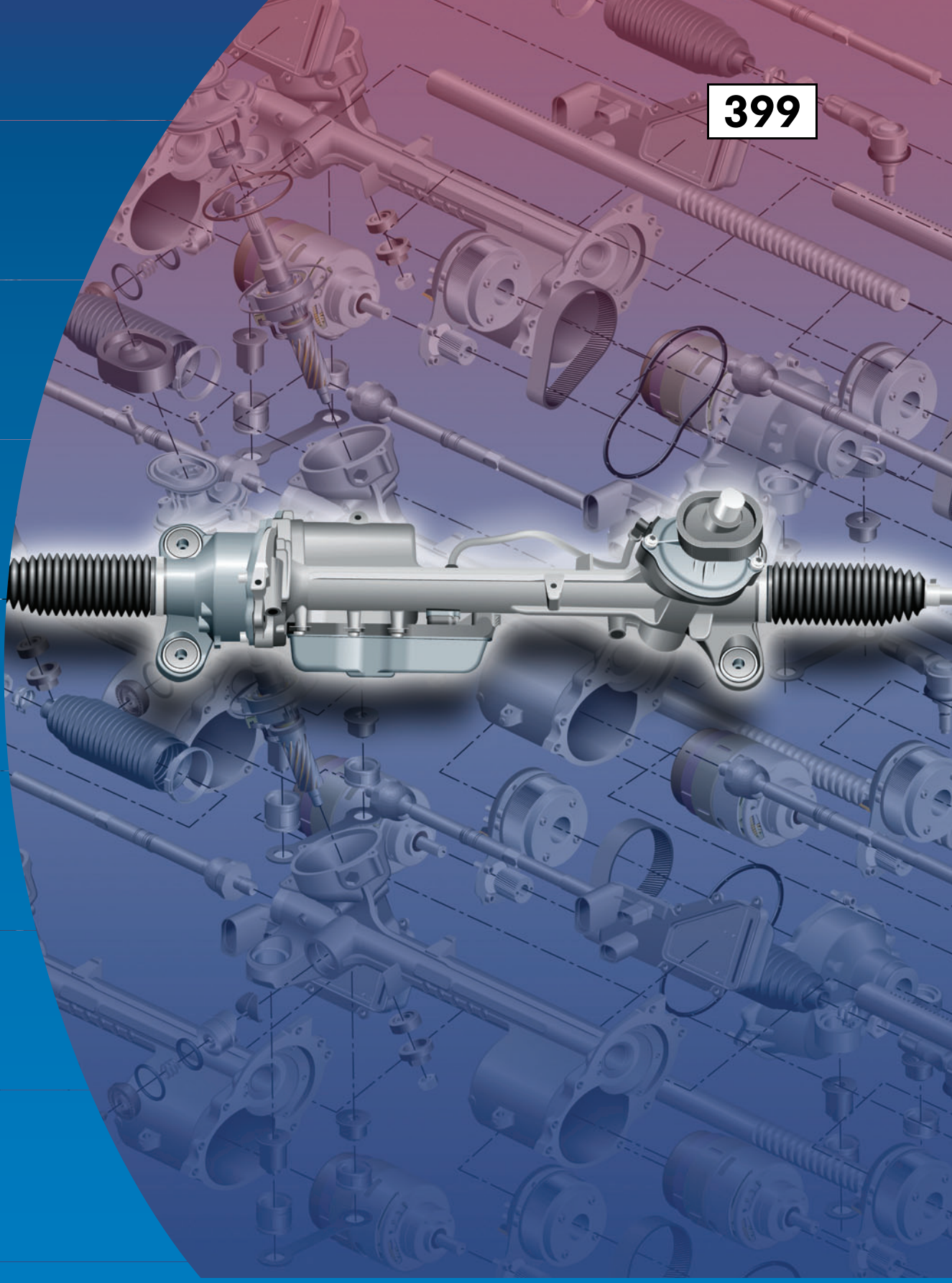
1.) b

2.) a

3.) b

4.) b

5.) c



© VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg
Alle Rechte sowie technische Änderungen vorbehalten.
000.2812.01.00 Technischer Stand 11.2007

Volkswagen AG
Service Training VSQ-1
Brieffach 1995
38436 Wolfsburg

❀ Dieses Papier wurde aus chlorfrei gebleichtem Zellstoff hergestellt.