



(10) **DE 10 2008 012 006 B4** 2012.02.23

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2008 012 006.5**
(22) Anmeldetag: **01.03.2008**
(43) Offenlegungstag: **10.09.2009**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **23.02.2012**

(51) Int Cl.: **B62D 6/00 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
AUDI AG, 85057, Ingolstadt, DE

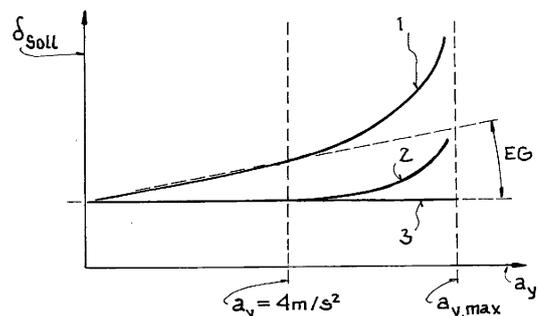
(72) Erfinder:
**Sagefka, Michael, Dr., 85092, Kösching, DE; Fuhr,
Florian, Dr., 70499, Stuttgart, DE; Hoffmann,
Carsten, Dr., 70825, Korntal-Münchingen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	197 23 841	A1
DE	10 2004 035 004	A1
DE	10 2005 012 584	A1
DE	10 2005 018 471	A1
DE	10 2005 018 519	A1
DE	10 2007 002 362	A1
DE	10 2007 020 169	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben eines aktiven Lenksystems und aktives Lenksystem**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Betreiben eines aktiven Lenksystems eines Kraftwagens, bei welchem Vorderräder des Kraftwagens mit dem aktiven Lenksystem durch ein Betätigen einer Lenkeinheit um einen dem Betätigen der Lenkeinheit entsprechenden Soll-Lenkwinkel (δ_{SOLL}) und zusätzlich um einen durch das Eigenlenkverhalten des Kraftwagens bewirkten Eigenlenkwinkel gelenkt werden, und durch Überlagerung eines zusätzlichen Motorstellwinkels (δ_{ADS}) der Eigenlenkwinkel mittels des aktiven Lenksystems fahrsituationsabhängig zumindest teilweise kompensiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensieren des Eigenlenkwinkels ausschließlich bei einer beschleunigten Kurvenfahrt vorgenommen wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines aktiven Lenksystems eines Kraftwagens nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung bezieht sich überdies auf ein aktives Lenksystem für einen Kraftwagen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 12.

[0002] Eine Abhängigkeit der Lenkeigenschaften eines Kraftwagens von den Fahrzeug- und Reifenparametern wird in ihrer Wirkung als Eigenlenkverhalten bezeichnet. Dabei unterscheidet man zwischen einem übersteuernden, einem untersteuernden sowie einem neutralen Eigenlenkverhalten. Üblicherweise werden Kraftwagen aufgrund einer leichteren Beherrschbarkeit durch den Fahrer sowie aus Sicherheitsgründen stationär leicht untersteuernd ausgelegt. Auf diese Art und Weise wird zum einen erreicht, dass sich der während einer Kreisfahrt untersteuernde Kraftwagen selbsttätig auf einen größeren Kurvenradius stabilisiert, zum anderen wird das Risiko eines schleudernden Kraftwagens verringert. Allerdings hat die untersteuernde Auslegung des Kraftwagens zur Folge, dass der Fahrer während einer stationären Kreisfahrt einen Lenkwinkel einzustellen hat, welcher mit zunehmender Beschleunigung beziehungsweise mit zunehmender Geschwindigkeit steigt.

[0003] Eine Beschreibung des Eigenlenkverhaltens eines Kraftwagens ist mit Hilfe eines linearen Einspurmodells möglich. Dabei ergibt sich der im Rahmen einer stationären Kreisfahrt vom Fahrer einzustellende Lenkwinkel gemäß der Formel

$$\delta = \frac{l}{R} + \frac{m}{l} \cdot \left(\frac{l_h}{c_{sv}} - \frac{l_v}{c_{sh}} \right) \cdot a_y$$

wobei l ein Radstand, also ein Abstand zwischen den vorderen und den hinteren Rädern, des Kraftwagens, R ein Kurvenradius, m eine Masse des Kraftwagens, c_{sv} , c_{sh} Schräglaufsteifigkeit der vorderen beziehungsweise der hinteren Räder, l_h , l_v ein Abstand zwischen den hinteren beziehungsweise den vorderen Rädern und a_y eine Querschleunigung des Kraftwagens bezeichnen. Der zum Befahren einer Kurve notwendige Lenkwinkel δ setzt sich demzufolge aus zwei Anteilen zusammen, einem Anteil, der allein von den geometrischen Daten l durch R abhängt (Ackermann-Winkel) sowie einem zweiten Anteil, der einen Einfluss der Querschleunigung a_y charakterisiert. Dabei bezeichnet eine Ableitung des Lenkwinkels nach der Querschleunigung a_y einen Eigenlenkgradienten EG , wobei gilt:

$$EG = \frac{m}{l} \cdot \left(\frac{l_h}{c_{sv}} - \frac{l_v}{c_{sh}} \right)$$

[0004] In Abhängigkeit der Fahrzeugparameter ergeben sich demnach drei Möglichkeiten für den Eigenlenkgradient beziehungsweise das Eigenlenkverhalten des Kraftwagens. So weist der Kraftwagen ein untersteuerndes Fahrverhalten im Falle, dass der Eigenlenkgradient EG einen positiven Wert annimmt auf, wohingegen der Kraftwagen ein übersteuerndes Fahrverhalten bei einem negativen Eigenlenkgradient EG aufweist. Ist der Eigenlenkgradient $EG = 0$, so ergibt sich ein neutrales Fahrverhalten des Kraftwagens. Nur bei einem neutralen Fahrverhalten ist der Lenkwinkel unabhängig von der Querschleunigung des Kraftwagens. Für einen positiven Eigenlenkgradient muss der Fahrer für einen konstanten Radius der Kurve mit steigender Geschwindigkeit zusätzlich einlenken, wohingegen er für einen negativen Eigenlenkgradienten EG gegenlenken muss.

[0005] Die Druckschrift DE 10 2005 018 519 A1 beschreibt ein Verfahren zum Regeln der Fahrdynamik eines Kraftfahrzeugs. Die Regelung der Fahrdynamik erfolgt auf Grundlage einer gemessenen Querschleunigung des Kraftfahrzeugs. Es wird eine Differenz zwischen einer berechneten Querschleunigung und der gemessenen Querschleunigung berechnet. Als Funktion dieser Differenz wird dem vom Fahrer vorgegebenen Lenkwinkel ein zusätzlicher Radlenkwinkel überlagert. Die Querschleunigung kann aus der Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs und der Gierrate berechnet werden. Der Radlenkwinkel kann bei einem übersteuernden Verhalten proportional zur berechneten Differenz reduziert bzw. erhöht werden. Bei einem untersteuernden Verhalten hingegen kann der Radlenkwinkel vor Erreichen eines Maximums der Reifenquerkraft an der Vorderachse zur Steigerung der Agilität erhöht und nach Erreichen dieses Maximums reduziert werden.

[0006] Aus der Druckschrift DE 10 2007 020 169 A1 ist ein Verfahren bekannt, welches zum Ermitteln eines optimalen Lenkwinkels bei einem untersteuernden Kraftfahrzeug dient. Um einen Fahrer während einer untersteuernden Fahrsituation zuverlässig bei der Stabilisierung des Fahrzeugs zu unterstützen, werden bei der Ermittlung des optimalen Lenkwinkels verschiedene Anteile bzw. Größen berücksichtigt: Ein Anteil, der den Kraftschluss bei Wert in Querrichtung wiedergibt, ein Anteil der einen Kinematikanteil wiedergibt, sowie ein Anteil, der den Schwimmwinkel wiedergibt. Der Lenkwinkel wird durch Addition dieser Anteile ermittelt.

[0007] Auch die Druckschrift DE 10 2005 012 584 A1 beschreibt ein Verfahren zum Erhöhen der Fahrstabilität eines Kraftfahrzeugs. Durch eine Überlagerung einer durch den Fahrer initiierten Lenkbewegung und einer weiteren Lenkbewegung wird ein gegenüber der Fahrervorgabe geänderter Lenkwinkel an den lenkbaren Rädern eingestellt. Es wird eine Differenz zwischen einem vom Fahrer vorgegebenen

Lenkwinkel und einem Sollwinkel berechnet und mit einem Schwellenwert verglichen. Überschreitet diese Differenz den Schwellenwert, so wird ein von der Querbeschleunigung abhängiger Sollwert für den Lenkwinkel an den lenkbaren Rädern eingestellt.

[0008] Das Dokument DE 197 23 841 A1 beschreibt ein Kraftfahrzeug, welches eine Vorrichtung zur Unterdrückung von Schleuderbewegungen aufweist. Mittels eines Sensorsystems wird ein kritischer Schleuderzustand erkannt, und eine Eingriffsvorrichtung ändert eine die Fahrdynamik beeinflussende Stellgröße. Bei Feststellung eines Schleuderzustandes wird ein Aktivierungssignal an die Eingriffsvorrichtung ausgegeben, und die Stellgröße wird variiert, so dass der Gierbewegung des Fahrzeugs entgegengewirkt wird. Durch die Eingriffsvorrichtung wird dabei der Lenkwinkel der lenkbaren Räder eingestellt. Und zwar wird bei Vorliegen des Aktivierungssignals der Lenkwinkel in eine zur ursprünglichen Lenkrichtung entgegengesetzte Richtung derart eingestellt, dass das Moment durch die Seitenkräfte verringert oder eliminiert wird.

[0009] Die nach dem Anmeldetag der vorliegenden Anmeldung veröffentlichte Druckschrift DE 10 2007 002 362 A1 offenbart ein Verfahren zur Einstellung eines Schräglaufwinkels an der Vorderachse eines untersteuernden Kraftfahrzeugs mithilfe einer Zusatzlenkung. Das Kraftfahrzeug wird daraufhin überwacht, ob ein untersteuernder Fahrzustand vorliegt. Sobald ein untersteuernder Fahrzustand festgestellt wird, wird der aktuelle Schräglaufwinkel an der Vorderachse ermittelt. Anschließend wird mithilfe eines mathematischen Modells der nach diesem Modell optimale Schräglaufwinkel errechnet, und, sofern der aktuelle Schräglaufwinkel von dem errechneten Schräglaufwinkel abweicht, wird der aktuelle Lenkwinkel mithilfe der Zusatzlenkung verändert. Dies erfolgt derart, dass der Betrag der Differenz zwischen dem aktuellen Schräglaufwinkel und dem errechneten Schräglaufwinkel geringer wird. Zur Veränderung des aktuellen Lenkwinkels wird ein Teilsollwinkel berechnet, um welchen der Lenkwinkel verändert werden soll. Der Lenkwinkel wird um den berechneten Teilsollwinkel verändert. Der Fahrzustand wird außerdem in Bezug auf Lastwechsel überwacht, und der Teilsollwinkel wird im Falle eines erkannten Lastwechsels reduziert.

[0010] Ein Verfahren zur Erhöhung der Fahrstabilität eines Kraftfahrzeugs ist außerdem Gegenstand des Dokumentes DE 10 2004 035 004 A1. Es wird eine modellgestützte Vorrichtung benutzt, um ein stabilisierendes Giermoment zu bestimmen, das auf das Kraftfahrzeug aufgebracht wird.

[0011] Bei dem Verfahren zur Stabilisierung eines Kraftfahrzeugs gemäß der Druckschrift DE 10 2005 018 471 A1 wird das Vorliegen eines ins-

besondere bezüglich der Hochachse instabilen Fahrzustandes des Kraftfahrzeugs erfasst. Abhängig vom Vorliegen des instabilen Fahrzustandes wird ein fahrerunabhängiges Lenkradmoment aufgebracht, welches das Lenken in diejenige Drehrichtung, in welche eine Lenkbewegung zu einer Abschwächung oder Behebung des instabilen Fahrzustandes führt, leichtgängiger als in die entgegengesetzte Drehrichtung macht.

[0012] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Beeinflussen eines Eigenlenkverhaltens eines Kraftwagens sowie ein Lenksystem zu schaffen, bei denen Maßnahmen getroffen sind, die den Fahrkomfort verbessern.

[0013] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1, sowie durch ein Lenksystem mit den Merkmalen nach Patentanspruch 12, gelöst.

[0014] Vorteilhafte Ausführungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0015] Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Beeinflussen eines Eigenlenkverhaltens eines Kraftwagens werden Vorderräder des Kraftwagens mit einem aktiven Lenksystem durch ein Betätigen einer Lenkeinheit, insbesondere eines Lenkrads, um einen dem Betätigen der Lenkeinheit entsprechenden Soll-Lenk Winkel und zusätzlich um einen durch das Eigenlenkverhalten des Kraftwagens bewirkten Eigenlenkwinkel gelenkt. Bei diesem Verfahren wird der Eigenlenkwinkel mittels des aktiven Lenksystems fahrsituationsabhängig zumindest teilweise kompensiert.

[0016] Ein Grundgedanke der vorliegenden Erfindung besteht mit anderen Worten darin, dass das Eigenlenkverhalten des Kraftwagens mittels einer Funktion des aktiven Lenksystems derart beeinflusst wird, dass insbesondere ein neutrales Fahrverhalten realisiert bzw. dem querbeschleunigungsabhängigen Anteil des Lenkwinkels zumindest teilweise entgegengewirkt wird. Insbesondere wird der Eigenlenkwinkel mittels des aktiven Lenksystems vollständig ausgeglichen. Unter dem aktiven Lenksystem wird hier insbesondere eine Überlagerungslenkung oder eine vollständig elektronische Lenkung (Steer-by-wire-Lenkung) verstanden. In vorteilhafter Weise wird durch das erfindungsgemäße Verfahren erreicht, dass ein neutrales Fahrverhalten realisiert wird, bei welchem der durch den Fahrer einzustellende Lenkwinkel bei einer stationären Kreisfahrt unabhängig von der Querbeschleunigung bzw. unabhängig von der Geschwindigkeit des Kraftwagens ist, wodurch der Fahrkomfort verbessert wird.

[0017] In bevorzugter Weise wird zum Kompensieren des Eigenlenkwinkels ein Lenkwinkel mittels des aktiven Lenksystems in Abhängigkeit eines Eigenlenkgradienten eingestellt. Es kann insbesondere vorgesehen sein, dass zum Kompensieren des Eigenlenkwinkels ein Lenkwinkel mittels des aktiven Lenksystems in Abhängigkeit eines aktuellen Werts einer Querbewegung des Kraftwagens und/oder in Abhängigkeit eines aktuellen Werts einer Geschwindigkeit des Kraftwagens eingestellt wird. Insbesondere wird zum Kompensieren des Eigenlenkwinkels ein Lenkwinkel mittels des aktiven Lenksystems in Abhängigkeit des Soll-Lenkwinkels, welcher vom Fahrer vorgegeben wird, eingestellt. Vorzugsweise wird zum Ausgleichen des Eigenlenkwinkels ein Lenkwinkel mittels des aktiven Lenksystems gemäß der Formel:

$$\delta_{ADS} = EG \cdot a_y = \delta_{SOLL} \cdot \frac{EG}{l} \cdot v^2$$

eingestellt, wobei EG einen Eigenlenkgradienten a_y einen Wert einer Querbewegung, δ_{SOLL} den vom Fahrer einzustellenden Soll-Lenkwinkel, l einen Radstand des Kraftwagens und v einen Wert einer Geschwindigkeit des Kraftwagens bezeichnen. Hierdurch wird erreicht, dass die Schräglaufwinkel der Vorder- und Hinterräder des Kraftwagens gleich groß sind, so dass stets ein neutrales Fahrverhalten realisiert wird.

[0018] Es ist vorgesehen, dass das Kompensieren des Eigenlenkwinkels ausschließlich bei einer beschleunigten Kurvenfahrt vorgenommen wird. Bevorzugt wird zum Kompensieren des Eigenlenkwinkels bei der beschleunigten Kurvenfahrt der von dem aktiven Lenksystem einzustellende Lenkwinkel in Abhängigkeit einer Differenz zwischen einer zweiten Potenz eines aktuellen Werts einer Geschwindigkeit des Kraftwagens und einer zweiten Potenz eines Werts einer Geschwindigkeit des Kraftwagens zu Beginn der Kurvenfahrt eingestellt. Zum Kompensieren des Eigenlenkwinkels wird bei der beschleunigten Kurvenfahrt der von dem aktiven Lenksystem einzustellende Lenkwinkel bevorzugt gemäß der Formel:

$$\delta_{ADS} = \delta_{SOLL} \cdot \frac{EG}{l} \cdot (v^2 - v_{\text{Kurvenbeginn}}^2)$$

angepasst, wobei $v_{\text{Kurvenbeginn}}$ einen Wert der Geschwindigkeit des Kraftwagens zu Beginn der Kurvenfahrt bezeichnet. Durch eine Differenzbildung zwischen dem aktuellen Wert der Geschwindigkeit und dem Wert der Geschwindigkeit des Kraftwagens zu Beginn der Kurvenfahrt wird erreicht, dass mittels des aktiven Lenksystems ein Lenkwinkel nur bei einer beschleunigten Kurvenfahrt eingestellt wird, wodurch dem Fahrer subjektiv ein neutrales Fahrverhalten vermittelt wird. Darüber hinaus ist eine direkte Lenkübersetzung in einem Hochgeschwindigkeitsbereich hinsichtlich der Fahrstabilität von Nachteil, so dass sich hier die Differenzbildung besonders vorteil-

haft zeigt. Hierdurch entfällt die direkte Lenkübersetzung bei hohen Geschwindigkeiten des Kraftwagens.

[0019] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Kompensieren des Eigenlenkwinkels in Abhängigkeit eines aktuellen Werts einer Querbewegung des Kraftwagens vorgenommen wird. Insbesondere kann der aktuelle Wert der Querbewegung mittels einer Messeinrichtung gemessen werden, wobei alternativ vorgesehen sein kann, dass der Wert der Querbewegung als ein Wert einer Soll-Querbewegung mittels einer Gleichung nach einem linearen Einspurmodell berechnet wird. Bevorzugt wird das Kompensieren des Eigenlenkwinkels oberhalb eines Schwellwerts der Querbewegung, insbesondere oberhalb eines Werts der Querbewegung von 4 m/s^2 , bevorzugt oberhalb eines Werts der Querbewegung von 8 m/s^2 , teilweise kompensiert oder unterlassen. Ein Kompensieren des Eigenlenkwinkels bei hohen Querbewegungen des Kraftwagens ist nicht als sinnvoll zu Erachten, weil hier durch eine weitere Vergrößerung des Lenkwinkels ein neutrales Fahrverhalten nicht zu erzielen ist. Aus diesem Grund wird insbesondere die Unterstützung durch das aktive Lenksystem bei hohen Querbewegungen des Kraftwagens reduziert oder unterlassen.

[0020] In bevorzugter Weise wird das Kompensieren des Eigenlenkwinkels oberhalb eines Schwellwerts einer Geschwindigkeit des Kraftwagens, insbesondere oberhalb eines Werts der Geschwindigkeit von 80 Stundenkilometer, teilweise kompensiert oder unterlassen. Bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten werden durch den Fahrer üblicherweise nur kleine Lenkwinkel eingestellt, so dass das Kompensieren des Eigenlenkwinkels in diesem Geschwindigkeitsbereich nicht notwendig ist. Hierdurch wird überdies ein möglicher Fehleingriff von Seiten des aktiven Lenksystems im Hochgeschwindigkeitsbereich vermieden.

[0021] Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass das Kompensieren des Eigenlenkwinkels oberhalb eines Schwellwerts einer Lenkwinkelgeschwindigkeit teilweise kompensiert oder unterlassen wird. Bei schnellen Lenkwinkeländerungen wird eine visuelle Zuordnung für den Fahrer zwischen einer Stellung der Lenkeinheit, insbesondere des Lenkrads, und einem Kurvenradius kurzzeitig aufgehoben. Deshalb ist in diesem Fall ein zusätzlicher Eingriff durch das aktive Lenksystem nicht notwendig. Eine Anpassung des Eigenlenkverhaltens beziehungsweise das Beeinflussen des Eigenlenkverhaltens ist vielmehr bevorzugt bei Fahrmanövern mit einem quasi stationären Lenkwinkel erwünscht. Somit wird der von dem aktiven Lenksystem einzustellende Lenkwinkel insbesondere bei hohen Lenkwinkelgeschwindigkeiten angepasst, bevorzugt teilweise kompensiert oder un-

terlassen, um in diesem Fall den Eingriff des aktiven Lenksystems zu reduzieren.

[0022] Ein erfindungsgemäßes aktives Lenksystem für einen Kraftwagen umfasst eine Lenkeinheit, insbesondere ein Lenkrad, mittels welcher ein Soll-Lenkwinkel von Vorderrädern des Kraftwagens einstellbar ist. Dabei ist der Soll-Lenkwinkel zusätzlich durch einen von einem Eigenlenkverhalten des Kraftwagens bewirkten Eigenlenkwinkel beeinflussbar. Das aktive Lenksystem ist zum situationsabhängigen Kompensieren des Eigenlenkwinkels ausgebildet.

[0023] Vorteilhafte Ausführungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind als vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen aktiven Lenksystems anzusehen.

[0024] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie anhand der beigefügten Zeichnung.

[0025] Die einzige Figur zeigt Verläufe eines von einem Fahrer einzustellenden Soll-Lenk winkels in Abhängigkeit eines Werts einer Querbeschleunigung eines Kraftwagens.

[0026] Das nachstehend näher geschilderte Ausführungsbeispiel stellt eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0027] Im vorliegenden Beispiel ist ein Verfahren zum Beeinflussen eines Eigenlenkverhaltens eines Kraftwagens gegeben, bei welchem Räder des Kraftwagens, vorliegend Vorderräder, mit einem aktiven Lenksystem durch ein Betätigen eines Lenkrads gelenkt werden. Dabei werden die Vorderräder um einen dem Betätigen des Lenkrads entsprechenden Soll-Lenk Winkel und zusätzlich um einen durch das Eigenlenkverhalten des Kraftwagens bewirkten Eigenlenkwinkel gelenkt.

[0028] Vorliegend wird der Eigenlenkwinkel mittels des aktiven Lenksystems kompensiert, insbesondere ausgeglichen. Zur Berechnung des von dem aktiven Lenksystem einzustellenden Lenkwinkels ist zunächst ein aus einem Einspurmodell folgender Ist-Lenk Winkel δ_{IST} erforderlich:

$$\delta_{IST} = \frac{l}{R} + EG \cdot a_y = \frac{l}{R} + EG \cdot \frac{v^2}{l + EG \cdot v^2} \cdot \delta_{IST}$$

wobei l einen Radstand des Kraftwagens, R einen Kurvenradius, EG einen Eigenlenkgradienten, a_y einen Querbeschleunigung des Kraftwagens und v eine Geschwindigkeit des Kraftwagens bezeichnen. Der Ist-Lenk Winkel setzt sich zusammen aus dem vom Fahrer einzustellenden Soll-Lenk Winkel δ_{SOLL}

und einem zusätzlichen Motorstellwinkel δ_{ADS} des aktiven Lenksystems, welcher dem Eigenlenkwinkel entspricht:

$$\delta_{IST} = \delta_{SOLL} + \delta_{ADS}$$

[0029] Bei einem neutralen Fahrverhalten ergibt sich der Soll-Lenk Winkel δ_{SOLL} durch:

$$\delta_{SOLL} = \frac{l}{R},$$

womit sich der zusätzliche vom aktiven Lenksystem einzustellende Motorstellwinkel ergibt:

$$\delta_{ADS} = EG \cdot a_y = \delta_{SOLL} \cdot \frac{EG}{l} \cdot v^2$$

[0030] Demzufolge ist das aktive Lenksystem vorliegend zum Kompensieren, insbesondere zum Ausgleichen, des durch das Eigenlenkverhalten des Kraftwagens bewirkten Eigenlenkwinkels gemäß der obigen Formel ausgebildet. An dieser Stelle sei erwähnt, dass das aktive Lenksystem im vorliegenden Beispiel als eine Überlagerungslenkung oder eine vollständig elektronische Lenkung (Steer-by-wire-Lenkung) ausgebildet ist.

[0031] In der Figur ist ein Verlauf 1 des vom Fahrer einzustellenden Soll-Lenk winkels δ_{SOLL} für ein konventionelles, aus dem Stand der Technik bekanntes Lenksystem sowie ein Verlauf 2 des vom Fahrer einzustellenden Soll-Lenk winkels δ_{SOLL} für das im vorliegenden Beispiel der Erfindung betrachtete Lenksystem in Abhängigkeit eines aktuellen Werts der Querbeschleunigung a_y des Kraftwagens dargestellt. Vorliegend wird die Funktion des Kompensierens des Eigenlenkwinkels als eine ELV-Funktion des aktiven Lenksystems bezeichnet. Mit anderen Worten zeigt die Figur eine Veränderung des Eigenlenkverhaltens bewirkt durch den Einsatz der ELV-Funktion. Wie in der Figur dargestellt ist, zeigt das Fahrzeug mit einem konventionellen Lenksystem, also ohne ELV-Funktion, bereits im Bereich niedriger Querbeschleunigungen unterhalb von 4 m/s^2 ein deutlich untersteuerndes Fahrverhalten. Als Folge dessen ist bei beschleunigter Kurvenfahrt, die zum Beispiel auf Autobahnauffahrten oder auf Landstraßenfahrten auftritt, eine Vergrößerung des vom Fahrer einzustellenden Soll-Lenk winkels δ_{SOLL} erforderlich, um den Kurvenradius beizubehalten. Mit Hilfe der ELV-Funktion, welche durch das aktive Lenksystem im vorliegenden Beispiel realisiert wird, wird die notwendige Vergrößerung des erforderlichen Lenkwinkels für ein untersteuerndes Fahrzeug im Bereich niedriger Querbeschleunigungen von dem aktiven Lenksystem vorgenommen, so dass in diesem Bereich ein neutrales Fahrverhalten realisiert wird. Das neutrale Fahrverhalten ist in der Figur anhand einer Linie 3 dargestellt. In der Figur ist ferner dargestellt, dass erst bei größeren Querbeschleunigungen oberhalb von 4 m/s^2 der vom Fahrer einzustellende Soll-Lenk Winkel δ_{SOLL}

progressiv ansteigt. Hierdurch erhält der Fahrer eine Information, dass ein untersteuerndes Fahrverhalten in einem Grenzbereich der Querbeschleunigung herrscht.

[0032] Durch die quadratische Abhängigkeit des Motorstellwinkels von der Geschwindigkeit des Kraftwagens, was anhand der vorhergehenden Formel zu erkennen ist, ergibt sich eine extrem direkte Lenkübersetzung bei hohen Geschwindigkeiten. Hinsichtlich der Fahrstabilität im Hochgeschwindigkeitsbereich ist allerdings direkte Lenkübersetzung von Nachteil. Um diesen Effekt zu vermeiden, wird die obige Funktion modifiziert:

$$\delta_{\text{ADS}} = \delta_{\text{SOLL}} \cdot \frac{\text{EG}}{7} \cdot (v^2 \cdot v_{\text{Kurvenbeginn}}^2),$$

wobei $v_{\text{Kurvenbeginn}}$ einen Wert der Geschwindigkeit zu Beginn der Kurvenfahrt bezeichnet. Durch eine Differenzbildung zwischen der Geschwindigkeit zu Kurvenbeginn und der aktuellen Geschwindigkeit wird erreicht, dass der Eigenlenkwinkel nur bei einer beschleunigten Kurvenfahrt kompensiert beziehungsweise dass der vom aktiven Lenksystem einzustellende Motorstellwinkel nur bei einer beschleunigten Kurvenfahrt gestellt wird. Hierdurch wird erreicht, dass dem Fahrer subjektiv ein neutrales Fahrverhalten bei einer stationären Kurvenfahrt vermittelt wird. Somit entfällt darüber hinaus eine direkte Lenkübersetzung bei hohen Geschwindigkeiten.

[0033] Vorliegend wird die ELV-Funktion des aktiven Lenksystems bei hohen Querbeschleunigungen, vorliegend oberhalb eines Schwellwerts der Querbeschleunigung von 8 m/s^2 , deaktiviert. Denn ein Einsatz der ELV-Funktion in diesem Grenzbereich der Querbeschleunigung ist nicht als sinnvoll zu erachten, da hier durch eine weitere Vergrößerung des Lenkwinkels der Räder ein neutrales Fahrverhalten nicht mehr zu erzielen ist. Aus diesem Grund wird die Unterstützung durch die ELV-Funktion bei hohen Querbeschleunigungen reduziert.

[0034] Überdies wird der Einsatz der ELV-Funktion im vorliegenden Beispiel bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten reduziert. Üblicherweise werden bei hohen Geschwindigkeiten durch den Fahrer nur kleine Lenkradwinkel eingestellt, so dass ein Einsatz der ELV-Funktion in diesem Geschwindigkeitsbereich nicht notwendig ist. Durch diese Begrenzung wird ein möglicher Fehleingriff im Hochgeschwindigkeitsbereich vermieden.

[0035] Darüber hinaus wird der Einsatz der ELV-Funktion des aktiven Lenksystems im vorliegenden Beispiel bei schnellen Lenkwinkeländerungen reduziert. Denn bei schnellen Lenkwinkeländerungen wird die visuelle Zuordnung für den Fahrer zwischen einer Stellung des Lenkrads und einem Kurvenradius kurzzeitig aufgehoben. Daher ist in diesem Fall ein zu-

sätzlicher Eingriff durch das aktive Lenksystem nicht notwendig.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines aktiven Lenksystems eines Kraftwagens, bei welchem Vorderräder des Kraftwagens mit dem aktiven Lenksystem durch ein Betätigen einer Lenkeinheit um einen dem Betätigen der Lenkeinheit entsprechenden Soll-Lenkwinkel (δ_{SOLL}) und zusätzlich um einen durch das Eigenlenkverhalten des Kraftwagens bewirkten Eigenlenkwinkel gelenkt werden, und durch Überlagerung eines zusätzlichen Motorstellwinkels (δ_{ADS}) der Eigenlenkwinkel mittels des aktiven Lenksystems fahrsituationsabhängig zumindest teilweise kompensiert wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kompensieren des Eigenlenkwinkels ausschließlich bei einer beschleunigten Kurvenfahrt vorgenommen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zum Kompensieren des Eigenlenkwinkels der Motorstellwinkel (δ_{ADS}) mittels des aktiven Lenksystems in Abhängigkeit eines Eigenlenkgradienten (EG) eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zum Kompensieren des Eigenlenkwinkels der Motorstellwinkel (δ_{ADS}) mittels des aktiven Lenksystems in Abhängigkeit eines aktuellen Werts einer Querbeschleunigung (a_y) eingesteht wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Kompensieren des Eigenlenkwinkels der Motorstellwinkel (δ_{ADS}) mittels des aktiven Lenksystems in Abhängigkeit eines aktuellen Werts einer Geschwindigkeit (v) des Kraftwagens eingestellt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zum Kompensieren des Eigenlenkwinkels bei der beschleunigten Kurvenfahrt der von dem aktiven Lenksystem einzustellende Motorstellwinkel (δ_{ADS}) in Abhängigkeit einer Differenz ($v^2 - v_{\text{Kurvenbeginn}}^2$) einer zweiten Potenz eines aktuellen Werts einer Geschwindigkeit des Kraftwagens und einer zweiten Potenz eines Werts der Geschwindigkeit zu Beginn der Kurvenfahrt ermittelt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensieren des Eigenlenkwinkels in Abhängigkeit eines aktuellen Werts einer Querbeschleunigung (a_y) des Kraftwagens vorgenommen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der aktuelle Wert der Querbeschleunigung (a_y) mittels einer Messeinrichtung gemessen wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der aktuelle Wert der Querbeschleunigung (a_y) als ein Wert einer Soll-Querbeschleunigung mittels einer Gleichung nach einem linearen Einspurmodell berechnet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensieren des Eigenlenkwinkels oberhalb eines Schwellwerts der Querbeschleunigung (a_y), insbesondere oberhalb eines Werts der Querbeschleunigung (a_y) von 4 m/s^2 , bevorzugt oberhalb eines Werts der Querbeschleunigung (a_y) von 8 m/s^2 , teilweise kompensiert oder unterlassen wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensieren des Eigenlenkwinkels oberhalb eines Schwellwerts einer Geschwindigkeit (v) des Kraftwagens, insbesondere oberhalb eines Werts der Geschwindigkeit (v) von 80 km/h , teilweise kompensiert oder unterlassen wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensieren des Eigenlenkwinkels oberhalb eines Schwellwerts einer Lenkwinkelgeschwindigkeit teilweise kompensiert oder unterlassen wird.

12. Aktives Lenksystem für einen Kraftwagen, mit einer Lenkeinheit, mittels welcher ein Soll-Lenkwinkel (δ_{SOLL}) von Vorderrädern des Kraftwagens einstellbar ist, wobei der Soll-Lenkwinkel zusätzlich durch einen von einem Eigenlenkverhalten des Kraftwagens bewirkten Eigenlenkwinkel beeinflussbar ist, und das aktive Lenksystem zum fahrsituationsabhängigen Kompensieren des Eigenlenkwinkels durch Überlagerung eines zusätzlichen Motorstellwinkels (δ_{ADS}) ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensieren des Eigenlenkwinkels ausschließlich bei einer beschleunigten Kurvenfahrt vorgenommen wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

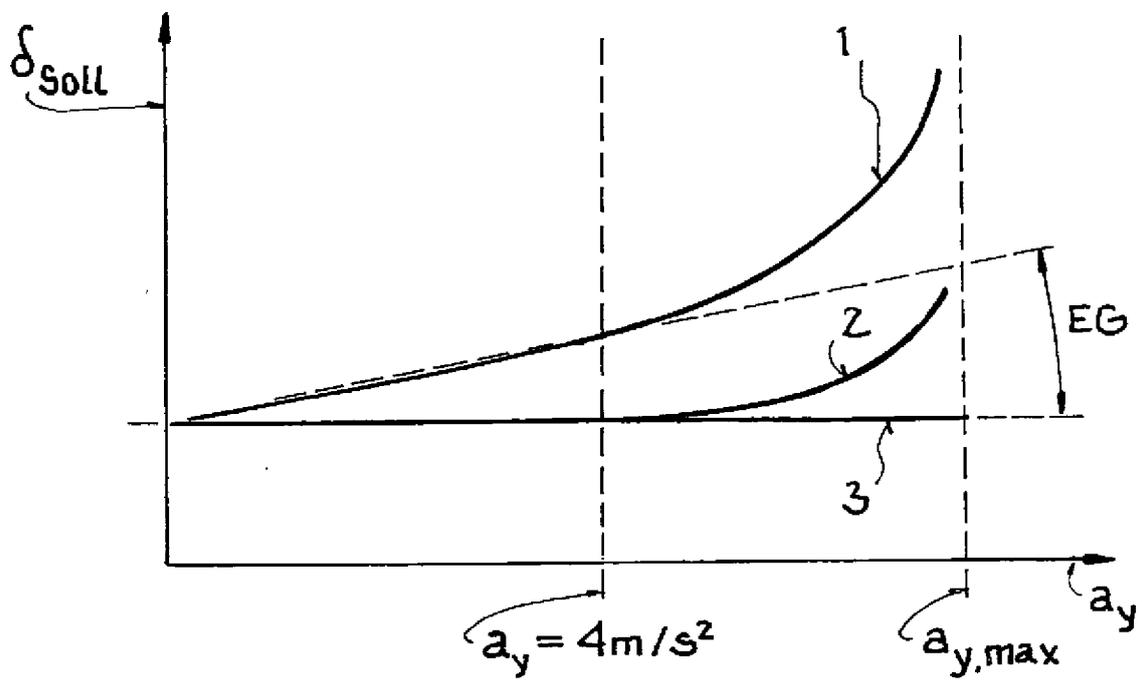


FIG.