



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 022 663 B4** 2009.04.02

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 022 663.1**
 (22) Anmeldetag: **16.05.2006**
 (43) Offenlegungstag: **22.11.2007**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **02.04.2009**

(51) Int Cl.⁸: **B62D 6/00** (2006.01)
B62D 5/04 (2006.01)
B60W 30/10 (2006.01)
B60W 30/12 (2006.01)
B60W 10/20 (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:
Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich., US

(74) Vertreter:
Drömer, H., Dipl.-Phys. Dr.-Ing., Pat.-Ass., 51429 Bergisch Gladbach

(72) Erfinder:
Damman, Anja, 52080 Aachen, DE; Burgio, Gilberto, 52080 Aachen, DE; Maurice, Jan Pieter, Kerkrade, NL

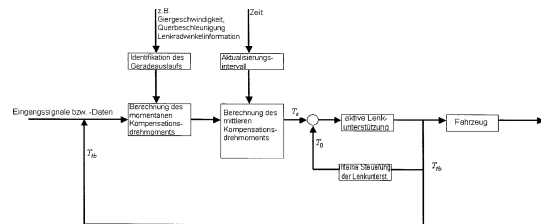
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 197 45 733 A1
DE 195 27 334 A1
DE 102 06 474 A1
DE 101 61 619 A1
DE 42 32 256 A1
FR 28 01 270 A1
US2003/00 55 543 A1
US 62 50 421 B1
US 55 28 497 A
US 54 81 457 A
EP 10 06 338 A2
EP 08 22 130 B1
WO 2004/0 22 415 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Verbesserung des Geradeauslaufs eines Fahrzeugs und zugehöriges Lenksystem**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Verbesserung des Geradeauslaufs eines Fahrzeugs mit einem Lenksystem mit aktiver Lenkunterstützung welches folgende Schritte aufweist:

- Erfassung von Daten zur Fahrdynamik;
- Identifikation eines Zustands eines Geradeauslaufs aus den erfassten Daten, weil wenigstens ein Wert der erfassten Daten oder ein aus den Daten abgeleiteter Wert unter oder über einen vorgegebenen Schwellenwert für einen vorgegebenen Zeitraum oder eine vorgegebene Strecke fällt;
- Messung eines an dem Lenksystem anliegenden Drehmoments wenigstens bei Geradeauslauf;
- Berechnung eines erforderlichen Kompensationsdrehmoments aus dem in Schritt (c) gemessenen Drehmoment;
- Ansteuerung der aktiven Lenkunterstützung mit dem Kompensationsdrehmoment zur Gegenkompensation des am Lenksystem anliegenden, gemessenen Drehmoments dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt (d) Reibungskräfte und/oder Rückstellkräfte berücksichtigt werden, beispielsweise indem von dem im Geradeauslauf gemessenen Drehmomentbetrag der Reibungsdrehmomentbetrag subtrahiert und das Rückstellmomentbetrag addiert werden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung des Geradeauslaufs eines Fahrzeugs, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ein zugehöriges Lenksystem für Fahrzeuge nach dem Oberbegriff des Anspruchs 10 sowie ein entsprechend ausgestattetes Fahrzeug.

[0002] Bei diesen Drehmomenten handelt es sich einerseits, um meist nicht zu vermeidende, dem Fahrzeug immanente Auswirkungen einer fehlerhaften beziehungsweise fehlerhaft gewordenen Fahrzeugabstimmung, zum Beispiel unterschiedlicher Reifendruck, Verstellung der Lenkgeometrie usw.. Da diese Einwirkungen im Vergleich von langer Dauer sind, spricht man auch von einer Langzeitkorrektur. Andererseits können fahrsituationsabhängige Bedingungen, wie Seitenwind, Straßenwölbung usw., sich derart auf die Fahrdynamik auswirken, dass es zu einem Abdrift kommt, welches das Aufbringen eines zusätzlichen Drehmoments zur Kompensation des Abdrifts oder der Korrektur des ungewünschten Lenkverhaltens durch den Fahrer am Lenkrad erforderlich macht. Da diese Störungen im Vergleich von kurzer Dauer sind, spricht man auch von einer Kurzzeitkorrektur.

[0003] So betrifft die WO 2004 022 415 A1 eine gattungsgemäße Vorrichtung zur Lenkunterstützung für Fahrzeuge mit elektromechanischer Lenkung, wobei parallel sowohl eine Kurzzeitkorrektur (fahrsituationsabhängig) als auch eine Langzeitkorrektur bei Detektion eines Geradeauslaufs vorgenommen wird. Die Langzeitkompensation erfolgt über einen Integrator. Der ermittelte Wert wird in einem EEPROM abgelegt.

[0004] Die DE 102 06 474 A1 betrifft ein Verfahren zur Erfassung der Reibung in einer elektrischen oder elektromechanischen Lenkvorrichtung eines Kraftfahrzeuges. Um etwaige Störungen der Lenkvorrichtung frühzeitig zu erkennen, wird vorgeschlagen während des Fahrbetriebes Zustandswerte wie Lenkwinkel, Lenkmoment und die Fahrzeuggeschwindigkeit zu messen. Aus den gemessenen Zustandswerten werden nach einer vorgegebenen Filterregel definierte Ereignisse ausgewählt. Die Reibung der Lenkvorrichtung wird durch das Verhältnis der Summe der Lenkwinkelabsolutwerte der ausgewählten Ereignisse zu der Anzahl der Ereignisse dargestellt. Durch die Beobachtung des Reibungsverhältnisses bzw. Reibkennwertes sollen bereits vor Funktionsstörungen der Lenkvorrichtung Gegenmaßnahmen getroffen werden können, wodurch die Betriebssicherheit erhöht werden soll.

[0005] DE 10161619 A1 betrifft im Wesentlichen die Detektion einer Fehlausrichtung des Lenksystems, der in einem Zustand eines Geradeauslaufs ermittelt wird. Das ermittelte Drehmoment wird akkumuliert

und in einem Speicher hinterlegt. Eine Verwendung der ermittelten Information für ein unabhängig betätigtes, elektrisches Lenksystem zur Kompensation wird lediglich am Rande erwähnt.

[0006] US 20030055543 A1 betrifft ein System zur Kompensation von Fahrzeugimmanenter Spurntreue. Es wird eine Langzeitkompensation vorgenommen wobei ein Zustand eines Geradeauslaufs detektiert wird, und wobei ein mit der Spurntreue verbundenes Drehmoment ermittelt wird und in das Lenksystem zur Kompensation ein daraus berechnetes Kompensationsdrehmoment eingespeist wird. Diese Berechnung erfolgt hier durch eine so genannte „summing function“, also Addition eines vorhandenen Wertes mit einem zeitlich verzögerten gemessenen Wert.

[0007] DE 4232256 A1 und DE 19527334 A1 betreffen ein Lenksystem zur Unterdrückung von fahrsituationsbedingten Störungen auf das Fahrverhalten. Demzufolge erfolgt eine Kompensation lediglich aufgrund der Messung von Giergeschwindigkeit und Querschleunigung. Eine Erfassung einer Geradeausfahrt zur Langzeitkompensation ist nicht beschrieben. Ebenso betrifft die DE 19745733 A1 eine Lenkvorrichtung mit einer Vorrichtung zur Verschiebung wenigstens einer Spurstange, um fahrsituationsbedingte Einwirkungen auf das Lenksystem zu kompensieren. Ziel der Vorrichtung ist nicht die Langzeitkompensation Fahrzeugimmanenter Spurverstellungen. So wird keine Geradeausfahrt detektiert.

[0008] Die EP 0822130 B1 betrifft ein hydraulisches System zur Langzeitkompensation einer Fehlausrichtung eines Lenksystems mit Umströmungsleitungen und Ventilen, welches eine Fehlausrichtung zu kompensieren vermag. Das System eignet sich zur Nachrüstung und kann automatisiert werden. Es werden eine automatische Justierung und zu diesem Zweck ferner Sensoren vorgeschlagen, damit eine Justierung bei Geradeausfahrt erfolgen kann. Es wird nicht beschrieben, wie der Zustand des Vorliegens einer Geradeausfahrt ermittelt wird.

[0009] Die EP 1006338 A2 betrifft ein per Stellmotoren betriebenes, so genanntes „Steer-by-wire“-Lenksystem. Hierbei wird kein Kompensationsdrehmoment ermittelt, sondern die Fehlausrichtung eines Rades wird mittels separater Messvorrichtung als eine Wartungsmaßnahme ermittelt und kompensiert. Dabei handelt es sich lediglich um eine Wartungsmaßnahme, bei der die Ausrichtung des Rades korrigiert wird und nicht um eine bei einer Geradeausfahrt vorgenommene Ermittlung des Kompensationsdrehmoments. Es wird folglich auch keine Geradeausfahrt detektiert.

[0010] FR 2801270 A1 betrifft im Wesentlichen ein System zur Kompensation fahrsituationsbedingter

Einwirkungen auf das Lenksystem. Es erfolgt wiederum keine Detektion einer Geradeausfahrt, um daraus ein Kompensationsdrehmoment zu erhalten.

[0011] US 5481457 A und US 5528497 A zeigen ebenfalls jeweils ein System zur Kompensation lediglich fahrsituationsbedingter Einwirkungen auf das Lenksystem. Die Kompensation erfolgt aufgrund der Messung der Giergeschwindigkeit oder einer seitlichen Beschleunigung, wobei die Kompensation geschwindigkeitsabhängig erfolgt. Auch hier erfolgt keine Detektion einer Geradeausfahrt, um dabei ein Kompensationsdrehmoment zu erhalten.

[0012] Die US 6250421 B1 offenbart ein System zur Kompensation eines ungleichmäßigen Lenkverhaltens, das von ungleichmäßigem Reifendruck herrührt. Folglich ist eine Vorrichtung zur Messung des Reifendrucks zwingend vorgesehen. Die Detektion einer Geradeausfahrt ist nicht vorgesehen. Der Fahrer wird gegebenenfalls alarmiert.

[0013] Vor dem zuvor beschriebenen Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Verfahren zur Verbesserung des Geradeauslaufs, ein zugehöriges Lenksystem für Fahrzeuge sowie ein entsprechendes Fahrzeug bereitzustellen, indem die Fahrdynamik und gegebenenfalls das subjektive Fahrempfinden der das Fahrzeug steuernden Person verbessert werden.

[0014] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Lenksystem mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst.

[0015] Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0016] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Verbesserung des Geradeauslaufs, bzw. der Spurtreue betrifft Fahrzeuge mit einem Lenksystem, die eine aktive Lenkunterstützung, beispielsweise eine elektromechanische oder hydraulische Lenkunterstützung aufweisen. Bevorzugt ist das Verfahren derart ausgelegt, dass es mit einer elektromechanischen Lenkunterstützung zu kombinieren ist, da diese aufgrund des vergleichsweise preiswerten Aufbaus weit verbreitet sind und besonders genau ansteuerbar sind. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden Daten zur Fahrdynamik erfasst. Bevorzugt handelt es sich dabei um Daten, die Bewegungs- bzw. Belastungszustände des Fahrzeugs repräsentieren. Noch bevorzugter sind sie aus der Gruppe, bestehend aus Giergeschwindigkeit, Querbearbeitung, Lenkwinkel, Umdrehungsgeschwindigkeit der Räder, Fahrzeuggeschwindigkeit, Torsionsstabdrehmoment, Lenkradstellwinkel, Zahnstangenverschiebung und Zahnstangengeschwindigkeit, einzeln oder in Kombination ausgewählt.

[0017] Meist bevorzugt werden Giergeschwindigkeit, Querbearbeitung und Lenkradstellwinkel als Daten für die Erfassung der Fahrzeugdynamik und zur nachfolgenden Identifikation eines Geradeauslaufs verwendet. Es hat sich überraschend gezeigt, dass mittels dieser Daten das erfindungsgemäße Verfahren besonders einfach und preiswert durchzuführen ist.

[0018] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden die erfassten Daten einer Tiefpassfilterung unterzogen, um hochfrequente Störungen zu eliminieren.

[0019] Die Daten werden möglichst momentan erfasst, damit das erfindungsgemäße Verfahren möglichst zeitlich unverzögert, ungewollte Änderungen der Fahrdynamik zu erfassen vermag.

[0020] Es obliegt dem Fachmann, die Abtastrate der Datenerfassung entsprechend der anvisierten Drehmomentkompensation anzupassen. Gemäß einer besonderen Ausgestaltung erfolgt die Erfassung mit einer vergleichsweise hohen Abtastrate, von beispielsweise 10 ms bis 100 ms, um beispielsweise während eines Geradeauslaufs mehrere Kompensationsdrehmomente in Abfolge zu ermitteln, um eine nachfolgend beschriebene Kurzzeitkompensation zu erreichen.

[0021] Der Fachmann kann die passende Abtastrate einstellen oder beispielsweise erfolgt die Einstellung in Abhängigkeit der Geschwindigkeit des Fahrzeugs. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung werden die Daten mittels bekannter oft im Fahrzeug vorhandener Einrichtungen ermittelt. Beispielsweise werden Giergeschwindigkeit und Querbearbeitung mittels eines im Fahrzeug vorhandenen Systems mit elektronischen Stabilitätsprogramm ESP bestimmt und ausgegeben, um durch das erfindungsgemäße Verfahren verwendet zu werden.

[0022] Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird aus den erfassten Daten der Zustand eines Geradeauslaufs des Fahrzeugs identifiziert. Der Zustand wird anhand der erfassten Daten identifiziert, nämlich dass wenigstens ein Wert der erfassten Daten oder ein aus den Daten abgeleiteter Wert unter oder über einen vorgegebenen Schwellenwert für einen vorgegebenen Zeitraum oder eine vorgegebene Strecke fällt. Der Zeitraum oder die Strecke kann beispielsweise in Abhängigkeit der Geschwindigkeit vorgegeben sein.

[0023] Im Zustand des Geradeauslaufs wird das am Lenksystem anliegende bzw. aufzubringende Drehmoment gemessen, das vom Fahrer angelegt wird, um den Geradeauslauf des Fahrzeugs beizubehalten. Beispielsweise wird das Drehmoment bei einer Lenkung am Torsionsstab oder am zugehörigen

Steuerritzel gemessen.

[0024] Aus dem gemessenen Drehmoment wird ein Kompensationsdrehmoment berechnet. Die aktive Lenkunterstützung wird mit dem Kompensationsdrehmoment zur Gegenkompensation des am Lenksystem anliegenden, gemessenen Drehmoments angesteuert, um den Fahrer bei der Einhaltung des Geradeauslaufs zu unterstützen. Damit wird erreicht, dass sich die Fahrdynamik und gegebenenfalls das subjektive Fahrempfinden der das Fahrzeug steuernden Person verbessern. Dieses positive Fahrempfinden beruht im Wesentlichen darauf, dass zur Aufrechterhaltung des Geradeauslaufs des Fahrzeugs vom Fahrer keine Lenkkräfte aufgebracht werden müssen. Zudem wird damit die Fahrsicherheit erhöht, da sich das Fahrzeug entsprechend der visuell wahrgenommenen Erwartung des Fahrers verhält.

[0025] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass eine Ansteuerung der aktiven Lenkunterstützung erst dann erfolgt, wenn das berechnete Kompensationsdrehmoment über einem vorgegebenen Schwellenwert liegt und/oder die Ansteuerung der aktiven Lenkunterstützung auf einen Grenzwert beschränkt ist. Der Grenzwert, d. h. der Maximalwert des berechneten Kompensationsdrehmoments ist in einer Ausgestaltung vorgesehen, um eine übermäßige Kompensation und damit eine zu starke Störung der Lenkgeometrie zu verhindern. Eine zu starke Kompensation kann zum Beispiel zu einer zu großen Unsymmetrie im Lenkverhalten führen, dass das Lenkverhalten in Kurven beeinträchtigt ist. Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform vorgesehen sein, dass im Fall, dass das berechnete Kompensationsdrehmoment den Grenzwert erreicht oder überschreitet, ein Fehler und/oder eine akustische und/oder visuelle Warnmeldung ausgegeben werden, um den Fahrer oder bei einer Wartung des Fahrzeugs Servicepersonal zu warnen.

[0026] Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass im Schritt zur Berechnung des Kompensationsdrehmoments Reibungskräfte und/oder Rückstellkräfte berücksichtigt werden. Dadurch kann in besonderem Maße einerseits die Fahrdynamik und das subjektive Fahrempfinden der das Fahrzeug steuernden Person verbessert werden. Andererseits wird dadurch erreicht, dass das Verfahren erheblich beschleunigt und/oder genauer. Das tatsächlich aufzubringende Kompensationsdrehmoment, d. h. das Kompensationsdrehmoment, das den Geradeauslauf des Fahrzeugs ohne Eingriff durch den Fahrer herstellt, wird somit mit höherer Genauigkeit erreicht. Ferner wird bei Ermittlung des Kompensationsdrehmoments in mehreren Schritten, beispielsweise bei der nachfolgend beschriebenen Mittelwertbildung, das Verfahren erheblich beschleunigt. Es werden so weniger Schritte benötigt, das tatsächlich aufzubringende, d.

h. angestrebte Kompensationsdrehmoment zu erhalten.

[0027] Nachfolgend wird eine Ausführungsform beschrieben, bei der das von der aktiven Lenkunterstützung aufgebrauchte Unterstützungsdrehmoment und Reibungs- und Rückstellmomente berücksichtigt werden.

[0028] Die aufzubringende Kompensationskraft F_{δ} an der Zahnstange wird in dieser Ausführungsform gemäß der folgenden Formel bestimmt:

$$F_{\delta} = F_{rd} + F_a + F_{rst} - F_{fr}$$

in zugehörige Drehmomente umgerechnet entspricht dies:

$$T_{\delta} = T_{rd} + T_a + T_{rst} - T_{fr} \quad (1)$$

[0029] Demnach bestimmt sich das Kompensationsdrehmoment T_{δ} wie folgt: es wird die an der Lenkmechanik, beispielsweise der Zahnstange der Lenkung, anliegende Kraft F_{rd} oder alternativ das am Torsionsstab anliegende Drehmoment gemessen und daraus das an der der Lenkmechanik anliegende Drehmoment T_{rd} geschätzt. Wie nachfolgend erläutert werden wird, kann alternativ das entsprechende Drehmoment durch die aktive Lenkunterstützung gemessen und ausgegeben werden; in diesem Fall wird nachfolgend die Bezeichnung T_{tb} gewählt und der Ausdruck ist in Formel (1) entsprechend zu ersetzen. Es wird ferner das von der aktiven Lenkunterstützung aufgebrauchte Unterstützungsdrehmoment T_a zur Aufrechterhaltung des Geradeauslaufs ermittelt. In einer Ausgestaltung wird das von der aktiven Lenkunterstützung aufgebrauchte Unterstützungsdrehmoment T_a anhand des an einem Motor der elektrisch betriebenen, aktiven Lenkunterstützung anliegenden Stroms ermittelt. In einer weiteren Ausgestaltung wird das in die aktive Lenkunterstützung eingespeiste Drehmoment T_a ohne zusätzliche Messung von Drehmomenten auf Grundlage der Verstärkungskurve der aktiven Lenkunterstützung unter Verwendung des zuvor gemessenen oder geschätzten, an der Lenkmechanik, beispielsweise der Zahnstange der Lenkung, anliegenden Drehmoments T_{rd} und der Momentangeschwindigkeit des Fahrzeugs geschätzt und zu dem zuvor genannten T_{rd} addiert. Ferner werden auf der Reibung beruhende Drehmomente T_{fr} subtrahiert und ein auf Rückstellkräften der Räder beruhendes Drehmoment T_{rst} addiert. Das so erhaltene Kompensationsdrehmoment T_{δ} wird in zeitlicher Nachfolge der Berechnung in die aktive Lenkunterstützung eingespeist, um den Geradeauslauf des Fahrzeugs ohne Einwirkung des Fahrers zu erzwingen.

[0030] Die Werte der Reibungskräfte und/oder Rückstellkräftewerte werden beispielsweise in einem

Fahrzustand des Fahrzeugs gemessen oder aus gemessenen Werten abgeschätzt oder die Werte der Reibungskräfte und/oder Rückstellkräftewerte können fest vorgegeben sein. Die Rückstellkräfte beruhen beispielsweise auf der mechanischen Auslegung der Radaufhängung und auf Abrolleigenschaften der Reifen.

[0031] Die Reibungskraft bzw. das Reibungsdrehmoment wird in einer Ausgestaltung gemäß dem Stribeck-Reibungsmodell angenähert.

[0032] Bei einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das berechnete Kompensationsdrehmoment gespeichert. Beispielsweise kann das gespeicherte Kompensationsdrehmoment von einem aktuelleren Wert im Speicher überschrieben werden.

[0033] Beispielsweise ist ferner vorgesehen, das berechnete Kompensationsdrehmoment zurückzusetzen. Ist der schlechte Geradeauslauf auf einen fahrzeugimmanenten Fehler, beispielsweise eine Fehljustierung des Lenksystems, zurückzuführen, ist es beispielsweise von Vorteil nach Beseitigung dieser fahrzeugseitigen Störung den gespeicherten Wert des Kompensationsdrehmoments zurückzusetzen, wobei er auf Null oder auf einen sonstigen vorgegebenen Wert eingestellt wird.

[0034] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform werden mehrere Kompensationsdrehmomente über mehrere Geradeauslaufzustände oder zu mehreren Zeitpunkten während eines Geradeauslaufs gemittelt, um ein mittleres Langzeitkompensationsdrehmoment zu erhalten. Für die Mittelwertbildung können unterschiedliche statistische Verfahren verwendet werden. Durch die Mittelwertbildung wird verhindert, dass temporäre kurzfristige Einwirkungen, die Berechnung des Kompensationsdrehmoments zu stark beeinflussen. Bevorzugt handelt es sich um eine gleitende Mittelwertbildung. Eine Mittelwertbildung gemäß der folgenden Formel hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen:

$$\bar{\chi}_k = \frac{(k-1) \cdot \bar{\chi}_{k-1} + \chi_k}{k} \quad (2)$$

wobei χ_k der momentane Wert (T_δ + alter Kompensationswert), $\bar{\chi}_{k-1}$ der vorhergehende Mittelwert, k der laufende Index $k-1$ der vorhergehende Index und $\bar{\chi}_k$ der ermittelte neue Mittelwert ist.

[0035] Bei einer weiteren Ausführungsform wird zusätzlich zum mittleren Langzeitkompensationsdrehmoment über mehrere Geradeauslaufzustände jeweils nur ein Kompensationsdrehmoment während eines Geradeauslaufzustand berechnet, der für eine momentane Kompensation, als ein so genanntes Kurzzeitkompensationsdrehmoment, verwendet

wird. Dieses wird dazu verwendet, eine kurzfristige, insbesondere nicht fahrzeugimmanente, Störung des Geradeauslaufs durch Ansteuerung der aktiven Lenkunterstützung mit dem Kurzzeitkompensationsdrehmoment zusätzlich zu kompensieren.

[0036] Beispielsweise handelt es sich dabei um eine kurzfristige äußere Einwirkung auf das Fahrzeug, wie Seitenwind, Wölbung oder Neigung der Fahrbahnoberfläche.

[0037] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird die Kurzzeitkompensationsdrehmoment unabhängig von dem Langzeitkompensationsdrehmoment, beispielsweise in Zwischenschritten, berechnet, damit die Langzeitkompensation unabhängig von der Kurzzeitkompensation erfolgt.

[0038] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird in einem zusätzlichen Zwischenschritt in Schritt (d) ermittelt, wie und/oder ob das ermittelte Kurzzeitkompensationsdrehmoment in die Berechnung des mittleren Langzeitkompensationsdrehmoments eingeht. Beispielsweise wird anhand eines vorgegebenen Grenzwertes für das gemessene Drehmoment oder eines Grenzwertes für die Abweichung zwischen dem vorliegenden Mittelwert der Langzeitkompensation und der Kurzzeitkompensation entschieden, ob der gerade bestimmte Wert in die Langzeitkompensation einfließt oder nicht.

[0039] Bei einer weiteren Ausführungsform wird anhand dieser Abweichung entschieden, welcher Anteil des ermittelten Wertes in die Bestimmung des Mittelwertes, d. h. in die Langzeitkompensation einfließt und welcher Anteil für eine zusätzliche Kurzzeitkompensation verwendet wird. Durch diese Maßnahmen wird sichergestellt, dass kurzfristige, nicht-fahrzeugimmanente Störungen der Spurtreue in die Bestimmung des Langzeitkompensationsdrehmoments nicht eingehen.

[0040] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird zeitabhängig bei der Ansteuerung der aktiven Lenkunterstützung das in die Lenkunterstützung eingespeiste Drehmoment auf das berechnete Kompensationsdrehmoment gesteigert. Dadurch wird erreicht, dass dem Fahrer eine Gewöhnungsphase an das durch die Kompensation bewirkte Fahrempfinden bereitgestellt wird. Der Fahrer wird geringer durch das veränderte Lenkverhalten überrascht. Die Dauer der Anpassung, d. h. Steigerung, des Drehmoments auf das berechnete Kompensationsdrehmoments kann geschwindigkeitsabhängig oder in Abhängigkeit des Betragsunterschieds zwischen dem vorhergehenden Kompensationsdrehmoment und dem neu berechneten Kompensationsdrehmoment erfolgen. In einer Ausführungsform erfolgt die Anpassung während der Mittelwertbildung, indem das ermittelte Kompensationsdrehmoment mit einem

Faktor kleiner als 1 multipliziert wird, so dass das Kompensationsdrehmoment im Laufe der Mittelwertbildung allmählich gesteigert wird.

[0041] Die Erfindung betrifft ferner ein Lenksystem zur Durchführung des Verfahrens zur Verbesserung des Geradeauslaufs eines Fahrzeugs gemäß einer der zuvor beschriebenen Ausführungsformen sowie ein zugehöriges Fahrzeug. Das Lenksystem umfasst: eine aktive Lenkunterstützung, Mittel zur Erfassung von Daten zur Fahrdynamik; Mittel zur Identifikation eines Zustands eines Geradeauslaufs aus den erfassten Daten; Mittel zur Messung eines an dem Lenksystem anliegenden Drehmoments wenigstens im Geradeauslaufzustand; Mittel zur Berechnung eines erforderlichen Kompensationsdrehmoments bei einem Kräftegleichgewicht im Geradeauslaufzustand aus dem gemessenen Drehmoment; Mittel zur Ansteuerung der aktiven Lenkunterstützung mit dem Kompensationsdrehmoment zur Gegenkompensation des am Lenksystem anliegenden, gemessenen Drehmoments, sowie Mittel zur Speicherung und/oder Erfassung von Daten zu Reibungskräften und/oder Rückstellkräften des Lenksystems, die bei der Berechnung des Kompensationsdrehmoments berücksichtigt werden.

[0042] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen und der folgenden Figurenbeschreibung offenbart.

[0043] [Fig. 1](#) stellt schematisch den Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer besonderen Ausführungsform dar. Neben weiteren Eingangssignalen bzw. Eingangsdaten verwendet das Verfahren zur Verbesserung der Spurtreue durch Bestimmung des Kompensationsdrehmoment T_{δ} ein von der aktiven Lenkunterstützung gemessenes und bereitgestelltes Drehmoment T_{tb} . Dieses entspricht prinzipiell dem in der Formel (1) angegebenen T_{rd} , wobei der unterschiedliche Index darauf hinweist, dass das Drehmoment, nicht wie durch die Bezeichnung T_{rd} ausgedrückt, an der Lenkung unmittelbar gemessen wird sondern der Wert von der vorhandenen aktiven Lenkunterstützung gemessen und bereitgestellt wird, was durch die Bezeichnung T_{tb} ausgedrückt werden soll. Dieses Drehmoment T_{td} dient einerseits neben anderen als Eingangssignal für das Verfahren zur Verbesserung der Spurtreue, welches ein erforderliches Kompensationsdrehmoment T_{δ} ausgibt. Daneben wird das Drehmoment T_{tb} dazu verwendet, über die interne Steuerung der Lenkunterstützung einen Drehmomentwert T_0 für die zugrunde liegende Lenkunterstützung auszugeben. Dieser Wert T_0 wird dem Kompensationsdrehmoment T_{δ} überlagert und in die aktive Lenkunterstützung eingespeist, um einen Geradeauslauf des Fahrzeugs ohne Einwirkung des Fahrers auf die Lenkung zu erreichen.

[0044] [Fig. 2](#) stellt schematisch den Ablauf des er-

findungsgemäßen Verfahrens in einer weiteren besonderen Ausführungsform dar, wobei das dargestellte Verfahren im Prinzip dem entspricht, wie es in [Fig. 1](#) dargestellt ist. Hier wird zusätzlich das aus den Eingangssignalen bzw. Eingangsdaten und aus dem vom aktiven Lenksystem gemessenen und bereitgestellten Drehmoment T_{tb} berechnete Kompensationsdrehmoment über mehrere Geradeauslaufzustände oder zu mehreren Zeitpunkten während eines Geradeauslaufs gemittelt. Ferner ist zusätzlich gezeigt, wie die Giergeschwindigkeit, Querschleunigung und die Lenkradwinkelinformation dazu verwendet werden können, einen Geradeauslauf des Fahrzeugs zu identifizieren, um in Fall eines Geradeauslaufzustandes das momentane Kompensationsdrehmoment zu berechnen. Nach einem vorgegebenen Aktualisierungsintervall werden weitere Kompensationsdrehmomente bestimmt, die zur Berechnung eines Mittelwertes verwendet werden. Dieser Mittelwert dient als gemittelttes Kompensationsdrehmoment für die Langzeitkompensation. Wie in [Fig. 1](#) wird das Drehmoment T_{tb} dazu verwendet, über die interne Steuerung der Lenkunterstützung einen Drehmomentwert T_0 für die zugrunde liegende Lenkunterstützung auszugeben. Dieser Wert T_0 wird dem gemittelten Kompensationsdrehmoment T_{δ} überlagert und in die aktive Lenkunterstützung eingespeist, um einen Geradeauslauf des Fahrzeugs ohne Einwirkung des Fahrers auf die Lenkung zu erreichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verbesserung des Geradeauslaufs eines Fahrzeugs mit einem Lenksystem mit, aktiver Lenkunterstützung welches folgende Schritte aufweist:

- (a) Erfassung von Daten zur Fahrdynamik;
- (b) Identifikation eines Zustands eines Geradeauslaufs aus den erfassten Daten, weil wenigstens ein Wert der erfassten Daten oder ein aus den Daten abgeleiteter Wert unter oder über einen vorgegebenen Schwellenwert für einen vorgegebenen Zeitraum oder eine vorgegebene Strecke fällt;
- (c) Messung eines an dem Lenksystem anliegenden Drehmoments wenigstens bei Geradeauslauf;
- (d) Berechnung eines erforderlichen Kompensationsdrehmoments aus dem in Schritt (c) gemessenen Drehmoment;
- (e) Ansteuerung der aktiven Lenkunterstützung mit dem Kompensationsdrehmoment zur Gegenkompensation des am Lenksystem anliegenden, gemessenen Drehmoments

dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt (d) Reibungskräfte und/oder Rückstellkräfte berücksichtigt werden, beispielsweise indem von dem im Geradeauslauf gemessenen Drehmomentbetrag der Reibungsdrehmomentbetrag subtrahiert und das Rückstellmomentbetrag addiert werden.

2. Verfahren zur Verbesserung des Geradeaus-

laufs eines Fahrzeugs gemäß dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass Werte der Reibungskräfte und/oder Rückstellkräftewerte in einem Fahrzustand des Fahrzeugs gemessen werden oder geschätzt werden.

3. Verfahren zur Verbesserung des Geradeauslaufs eines Fahrzeugs gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt (d) das von der aktiven Lenkunterstützung aufgebrauchte Unterstützungsdrehmoment berücksichtigt wird.

4. Verfahren zur Verbesserung des Geradeauslaufs eines Fahrzeugs gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt (d) das Kompensationsdrehmoment aus den gemessenen Drehmomenten über mehrere Geradeauslaufzustände oder zu mehreren Zeitpunkten während eines Geradeauslaufs berechnet und gemittelt wird, um ein mittleres Langzeitkompensationsdrehmoment zu erhalten.

5. Verfahren zur Verbesserung des Geradeauslaufs eines Fahrzeugs gemäß dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt (d) zusätzlich zum mittleren Langzeitkompensationsdrehmoment jeweils ein Kompensationsdrehmoment über einen Geradeauslaufzustand berechnet wird, um ein Kurzzeitkompensationsdrehmoment zu erhalten.

6. Verfahren zur Verbesserung des Geradeauslaufs eines Fahrzeugs gemäß dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass in einem zusätzlichen Zwischenschritt in Schritt (d) ermittelt wird, wie und/oder ob das ermittelte Kurzzeitkompensationsdrehmoment in die Berechnung des mittleren Langzeitkompensationsdrehmoments eingeht.

7. Verfahren zur Verbesserung des Geradeauslaufs eines Fahrzeugs gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt (a) die Daten aus der Gruppe, bestehend aus Giergeschwindigkeit, Querbeschleunigung, Lenkwinkel, Umdrehungsgeschwindigkeit der Räder, Fahrzeuggeschwindigkeit, Torsionsstabdrehmoment, Lenkradstellwinkel, Zahnstangenverschiebung und Zahnstangengeschwindigkeit, einzeln oder in Kombination ausgewählt sind.

8. Verfahren zur Verbesserung des Geradeauslaufs eines Fahrzeugs gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt (b) die Identifikation des Geradeauslaufzustands dadurch ermittelt wird, dass die erfassten Daten unter einen vorgegebenen Schwellenwert für einen vorgegebenen Zeitraum oder eine vorgegebene Strecke fallen.

9. Verfahren zur Verbesserung des Geradeauslaufs eines Fahrzeugs gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt (e) bei der Ansteuerung der aktiven Lenkunterstützung die Ansteuerung allmählich auf das jeweilig berechnete Kompensationsdrehmoment gesteigert wird.

10. Lenksystem zur Durchführung des Verfahrens zur Verbesserung des Geradeauslaufs eines Fahrzeugs gemäß einer der vorhergehenden Verfahrensansprüche, umfassend: eine aktive Lenkunterstützung; Mittel zu Erfassung von Daten zur Fahrodynamik; Mittel zur Identifikation eines Zustands eines Geradeauslaufs aus den erfassten Daten; Mittel zur Messung eines an dem Lenksystem anliegenden Drehmoments; Mittel zur Berechnung eines erforderlichen Kompensationsdrehmoments wenigstens bei einem im Geradeauslauf vorliegenden Kräftegleichgewicht aus dem gemessenen Drehmoment; Mittel zur Ansteuerung der aktiven Lenkunterstützung mit dem Kompensationsdrehmoments zur Gegenkompensation des am Lenksystem anliegenden, gemessenen Drehmoments; gekennzeichnet durch Mittel zur Abschätzung und/oder Erfassung von Daten zu Reibungskräften und/oder Rückstellkräften des Lenksystems, die bei der Berechnung des Kompensationsdrehmoments berücksichtigt werden.

11. Fahrzeug mit einem Lenksystem gemäß dem vorhergehenden Anspruch.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

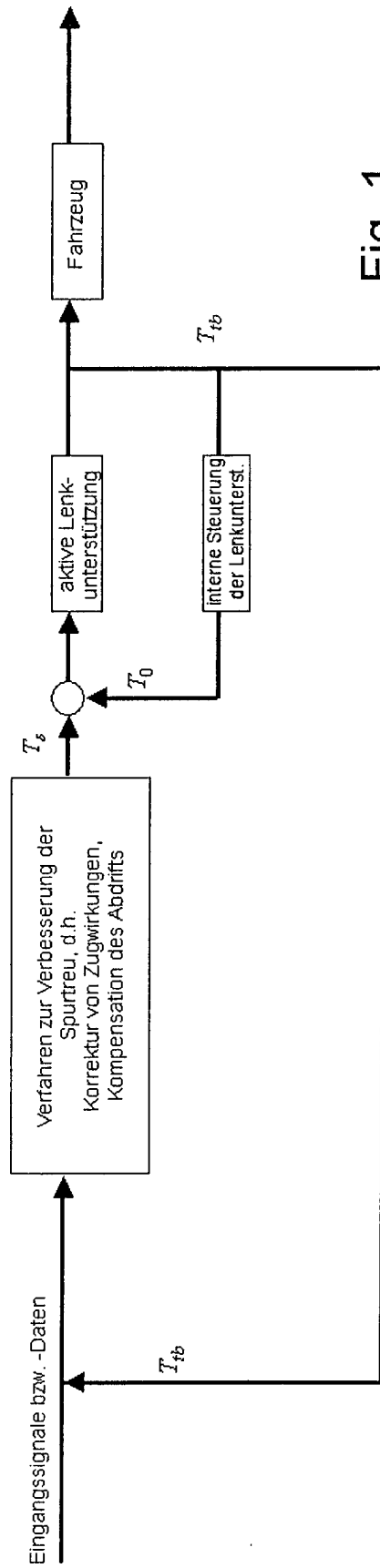


Fig. 1

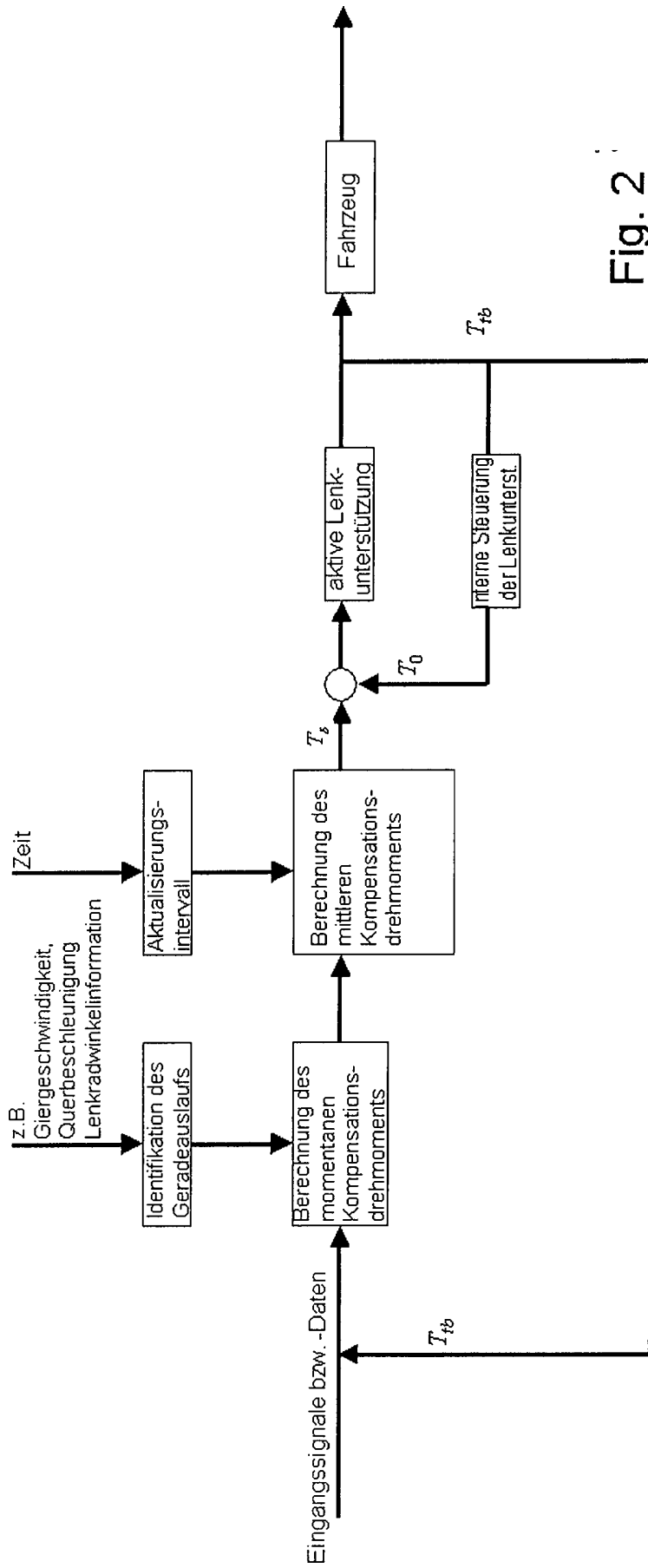


Fig. 2