



(10) **DE 10 2005 037 479 B4** 2017.10.26

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 037 479.4**

(22) Anmeldetag: **09.08.2005**

(43) Offenlegungstag: **15.02.2007**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **26.10.2017**

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

B62D 5/04 (2006.01)

Innerhalb von neun 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:

**Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft,
80809 München, DE**

(72) Erfinder:

**Odenthal, Dirk, Dr., 80689 München, DE;
Smakman, Hendrikus, Dr., 80636 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	35 32 222	C2
DE	40 28 320	C2
DE	42 29 380	C2
DE	196 50 691	C2
DE	102 36 734	A1
DE	10 2004 020 074	A1
DE	691 08 480	T2

(54) Bezeichnung: **Fahrdynamik-Steuerungssystem für ein zweispuriges Kraftfahrzeug**

(57) Hauptanspruch: Fahrdynamik-Steuerungssystem für ein zweispuriges Kraftfahrzeug, dessen dynamisches Verhalten bezüglich einer Vorgabe des Fahrers in zumindest zwei Freiheitsgraden durch eine der Zahl der Freiheitsgrade entsprechende Anzahl von modellgestützt angesteuerten Aktuatoren, welche das Verhalten des Fahrzeugs hinsichtlich dieser Freiheitsgrade bestimmen, veränderbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass in der Ansteuerung der Aktuatoren für die unterschiedlich einstellbaren Freiheitsgrade die Übertragungsfunktionen einer modellgestützten Vorsteuerung unabhängig voneinander auf unterschiedliche Werte eingestellt werden, wobei die Übertragungsfunktionen einen das Stationärverhalten des Fahrzeugs beschreibenden Faktor und einen das dynamische Instationärverhalten beschreibenden Faktor enthalten.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Fahrdynamik-Steuerungssystem nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Zum Stand der Technik wird beispielsweise auf die DE 691 08 480 T2 verwiesen, in der eine bestimmte Möglichkeit beschrieben ist, die Längsdynamik und die Querdynamik eines Kraftfahrzeugs in Abhängigkeit voneinander zu steuern. Insbesondere jedoch beschreibt die DE 35 32 222 C2 ein nächstkommandes Fahrdynamik-Steuerungssystem.

[0002] Bekannt sind eine Vielzahl fahrdynamischer Regelungssysteme, mit denen eine gezielte Änderung der Fahrdynamik eines zweispurigen Kraftfahrzeugs, und dabei insbesondere von dessen Querdynamik und Gierdynamik möglich ist. Diese Regelungssysteme bedienen sich unterschiedlicher Aktuatorik bzw. unterschiedlicher Eingriffsprinzipien. So kann an den gelenkten Vorderrädern durch Stellen eines Zusatzlenkwinkels oder des Gesamtlenkwinkels ein stabilisierendes Giermoment aufgebracht werden. Dies ist aber auch durch Stellen eines Lenkwinkels an ggf. geringfügig lenkbaren Rädern der Hinterachse möglich. Möglich ist ein Aufbringen eines stabilisierenden Giermoments aber auch durch gezielte Verteilung des Antriebsmoments oder des sog. Schleppmoments des Fahrzeug-Antriebsaggregats zwischen der linken und der rechten Fzg.-Seite sowohl an der Vorderachse als auch an der Hinterachse des Fahrzeugs mit Hilfe geeigneter Kuppelungsansteuerungen. Auch durch radindividuelle Modulation des Bremsdrucks an den einzelnen Rädern kann ein stabilisierendes Giermoment erzeugt werden, ebenso durch Modulation der Rollsteifigkeitsverteilung zwischen Vorderachse und Hinterachse, ferner durch Umverteilung der über die Räder übertragenen Längskräfte des Fahrzeug-Antriebsaggregats zwischen Vorderachse und Hinterachse.

[0003] Im bekannten Stand der Technik erfolgt zumindest hinsichtlich der Querdynamik und Gierdynamik des Fahrzeugs üblicherweise eine Regelung, d. h. ein Soll-Ist-Vergleich, wobei dafür gesorgt wird, dass ein vom Fahrer vorgegebener Lenkwunsch in geeigneter Weise umgesetzt wird. In der deutschen Offenlegungsschrift DE 102 36 734 A1 ist ferner ein Verfahren zum Führen eines mehrspurigen Fahrzeugs auf einer Kurvenbahn beschrieben, das in Form einer Vorsteuerung aus zwei Eingangsgrößen, nämlich dem vom Fahrer vorgegebenen Lenkwinkel und der aktuellen Fzg.-Geschwindigkeit, zwei Aktuatoren ansteuert, nämlich einen die lenkbaren (Vorder)-Räder des Fahrzeugs stellenden Lenkaktor sowie irgendeinen geeigneten Aktuator, mit dem die Längskraftverteilung zwischen den Fzg.-Rädern der beiden Fzg.-Seiten unterschiedlich gestaltet wird.

[0004] In der DE 35 32 222 C2 ist ein Lenksteuerungssystem beschrieben, welches Datensätze von zwei oder

mehreren (sog.) Sollfahrzeugen einlesen kann, so dass der Fahrer je nach Wunsch zwischen verschiedenen Sollfahrzeugen wählen kann. Dieses bestimmt unter Berücksichtigung der Lenkvorgabe des Fahrers und der Fahrgeschwindigkeit einen Sollwert für die Gierdynamik und die Querdynamik. Hierfür wird eine Gruppe von Bewegungsgleichungen für ein Fahrzeugmodell gelöst, wobei Fahrzeugparameter (wie bspw. Trägheitsgiermoment, Radabstände, Lenksteifigkeit) verwendet werden, die den durch das Fahrzeugmodell bestimmten Sollwerten, so wie sie durch das Sollfahrzeug vorgegeben sind, entsprechen. Die Sollwerte der Fahrzeugparameter können gleich den Istwerten der Fahrzeugparameter des gesteuerten Fahrzeugs sein; alternativ kann sich das Sollfahrzeug vom gesteuerten Fahrzeug-Typ unterscheiden.

[0005] Mit der vorliegenden Erfindung soll eine weitere Verbesserung hinsichtlich einer Vorsteuerung des Fahrzeug-Verhaltens aufgezeigt werden (= Aufgabe), wobei zwar in den detaillierten Ausführungen analog dem soeben genannten Stand der Technik von einer Lenkvorgabe des Fzg.-Fahrers ausgegangen wird und folglich insbesondere die Querdynamik und Gierdynamik des Fahrzeugs relevant ist, wobei jedoch die vorliegende Erfindung einfach auf die weiteren Freiheitsgrade eines zweispurigen Kraftfahrzeugs übertragbar ist, nämlich sowohl auf dessen Längsdynamik, als auch auf die Hubdynamik und/oder die Nickdynamik und/oder die Wankdynamik des Fzg.-Aufbaus.

[0006] Die Lösung dieser Aufgabe ergibt sich mit den Merkmalen des Anspruchs 1; vorteilhafte Weiterbildungen sind Inhalt der Unteransprüche.

[0007] Erfindungsgemäß können somit (abermals auf den Beispielsfall des Lenkens durch den Fahrer, d. h. auf eine Lenkwinkel-Vorgabe und die davon betroffene Querdynamik und Gierdynamik des Fahrzeugs bezogen) über zumindest zwei voneinander unabhängige Aktuatoren (bzw. Stelleingriffsmöglichkeiten) zumindest im Linearbereich des dynamischen Fahrzeugverhaltens die beiden Freiheitsgrade der Querdynamik und der Gierdynamik des Kraftfahrzeugs über einen (koordinierten) Vorsteuerungseingriff unabhängig voneinander eingestellt werden. So könnte, wenn sämtliche Räder des Fahrzeugs lenkbar sind, bspw. im Extremfall eingestellt werden, dass das Fahrzeug auf eine Lenkvorgabe des Fahrers hin keine Gierbewegung, sondern unter einem Schwimmwinkel von 0° lediglich eine Querbewegung (selbstverständlich zusätzlich zur Längsbewegung) ausführt. Selbstverständlich werden jedoch solche Extremzustände nicht dargestellt; es soll jedoch möglich sein, im Beispielsfall unterschiedliche Anteile von Gierbewegung und Querbewegung innerhalb sinnvoller Grenzen darstellen zu können, und zwar unabhängig voneinander. Sollte dabei das Fahrzeug mit der dargestellten Gierbewegung und Querbewegung

nicht mehr längs der gewünschten Kurvenbahn bewegbar sein, kann der Fahrer seine Lenkvorgabe entsprechend anpassen.

[0008] Mit einem vorgeschlagenen Fahrdynamik-Steuerungssystem ist also quasi ein beliebiges Verhalten des Fahrzeugs darstellbar, und zwar insbesondere dadurch, dass für zumindest zwei (der möglichen) Freiheitsgrade unabhängig voneinander unterschiedliche Reaktionen auf eine Vorgabe des Fahrers eingestellt werden können, und zwar über unterschiedliche Übertragungsfunktionen einer modellgestützten Vorsteuerung, worauf an späterer Stelle noch näher eingegangen wird. Im Stand der Technik hingegen sind keine Verfahren für die regelungstechnische Auslegung einer Fahrdynamikregelung bekannt, die einen systematischen Entwurf eines Regelungssystems zur Realisierung bspw. einer Wunsch-Querdynamik sowie einer Wunsch-Gierdynamik eines Fahrzeug mittels einer Vorsteuerung beschreiben. Im übrigen ist es bei den auf dem Markt befindlichen Regelsystemen (z. B. bei ESP oder bei der sog. Aktivlenkung der Anmelderin) nicht Ziel, die Querdynamik und Gierdynamik unabhängig voneinander einzustellen. Auf Grund von im Stand der Technik vorhandenen Restriktionen ist dies auf Grund der vorliegenden Reglerstrukturen und der verfolgten Ziele praktisch auch nicht möglich.

[0009] Abweichend vom bereits mehrfach zitierten Beispielsfall einer unterschiedlichen Einstellung der Querdynamik und der Gierdynamik eines Kraftfahrzeugs ist im Rahmen einer Verallgemeinerung die Wirkungsweise eines entsprechenden Fahrdynamik-Steuerungssystems bei Vorliegen geeigneter Aktuatorik grundsätzlich übertragbar auf sämtliche mögliche Freiheitsgrade eines Fzg.-Fahrwerks. So kann bzw. können neben der oder alternativ zur Querdynamik oder Gierdynamik auch die Längsdynamik des Fahrzeugs sowie die Hubdynamik und/oder die Nickdynamik und/oder die Wankdynamik des Fahrzeug-Aufbaus entsprechend gesteuert werden. Grundsätzlich kann also eine beliebige Kombination der sechs möglichen Freiheitsgrade eines Kraftfahrzeugs entsprechend gesteuert werden, und zwar durch Vorgabe von einer entsprechenden Zahl von Wunsch-Übertragungsfunktionen (für diese Freiheitsgrade).

[0010] Diese Übertragungsfunktionen (bzw. Wunsch-Übertragungsfunktionen) stellen ebenso wie die Tatsache, dass es sich um eine modellgestützte Vorsteuerung handelt, kennzeichnende Merkmale des Anspruchs 1 dar. Dabei kann die modellgestützte Vorsteuerung grundsätzlich auf beliebigen Modellen aufbauen; vorzugsweise kommt jedoch ein (dem Fachmann bekanntes) sog. lineares Einspurmodell zum Einsatz, das im übrigen auch geeignet erweitert sein kann, so bspw. im Hinblick auf längsdynamische Einflüsse oder hinsichtlich des dynamischen Seitenkraftaufbaus und/oder der Wankdynamik des Fahr-

zeugs. Im übrigen lässt sich das dynamische Fahrverhalten des Fahrzeugs (insbesondere hinsichtlich Querdynamik und Gierdynamik) nicht nur im Linearbereich, sondern eingeschränkt auch im sog. Übergangsbereich zur sog. Reifensättigung (letztere ist derjenige Bereich, in dem trotz Vergrößerung des Rad-Schräglaufwinkels keine weitere Erhöhung der Radseitenkraft erreicht werden kann) durch ein lineares Einspurmodell beschreiben. Vorrangig soll jedoch die Einstellung unterschiedlicher Werte der Übertragungsfunktionen für den Linearbereich des dynamischen Fahrzeug-Verhaltens möglich sein.

[0011] Eine Übertragungsfunktion im Sinne der vorliegenden Erläuterung beschreibt nun den Zusammenhang zwischen einer vom Fahrer vorgegebenen Größe und der entsprechenden Fahrzeug-Reaktion hierauf. Stark vereinfacht gilt also der Zusammenhang $Y = G_Y \cdot X$, wobei X die Vorgabe des Fahrers, also bspw. einen Vorgabe-Lenkwinkel bezeichne, Y das Verhalten des Fahrzeugs hierauf, also bspw. die Gierrate und/oder den Schwimmwinkel und/oder die Querbeschleunigung, und G_Y die zugehörige Übertragungsfunktion bzw. Übertragungsmatrix oder -vektor, nachdem erfindungsgemäß für zumindest zwei Freiheitsgrade die Übertragungsfunktionen auf unterschiedliche Werte einstellbar sind. (Das Zeichen „ \cdot “ steht dabei für eine Multiplikation). Bevorzugt enthalten die einzelnen Übertragungsfunktionen dabei einen das Stationärverhalten des Fahrzeugs beschreibenden Anteil oder Faktor sowie einen das (dynamische) Instationärverhalten des Fahrzeugs beschreibenden Anteil oder Faktor. Letzgenannter kann durch ein Gleichungssystem nach Art einer Schwingungsgleichung (oder in anderen Worten durch eine Schwingungsgleichung im weiteren Sinne) beschrieben sein, die als Kenn-Größen zumindest in Analogie zu einer Schwingungsgleichung u. a. die Schwingungs-Bandbreite bzw. die natürliche Frequenz, einen Dämpfungsfaktor sowie die Nullstellen enthält bzw. enthalten kann.

[0012] Was die Aktuatoren betrifft, mit denen das Verhalten des Fahrzeugs wie gewünscht eingestellt werden kann, so kann es sich hierbei um sämtliche Aktuatoren oder Stellglieder handeln, die eingangs in Verbindung mit der Erläuterung der Vielzahl bekannter fahrdynamischer Regelungssysteme, die Einfluss auf die Querdynamik und die Gierdynamik haben, bereits genannt wurden. Für eine Beeinflussung der Wankdynamik, Hubdynamik und Nickdynamik können dabei weitere dem Fachmann grundsätzlich bekannte Aktuatoren vorgesehen sein. Vorzugsweise werden dabei für die Beeinflussung zweier oder mehrerer Freiheitsgrade die Aktuatoren auch solchermaßen ausgewählt, dass diese Aktuatoren annähernd gleich auf die beiden Achsen des Fahrzeugs verteilt sind. Handelt es sich bei den zu beeinflussenden Freiheitsgraden (wieder, wie stets beispielhaft genannt) um die Querdynamik und die Gierdynamik des

Fahrzeugs, so ist vorteilhafterweise von einer ersten Eingriffsmöglichkeit an der Vorderachse und von einer zweiten Eingriffsmöglichkeit an der Hinterachse, jeweils entweder über die Lenkung und/oder den Antrieb und/oder Bremsen in beliebigen Kombinationen auszugehen. Prinzipiell können zwar auch zwei Stell-eingriffsmöglichkeiten an einer (gemeinsamen) Achse verwendet werden, jedoch ist dies aus praktischer Sicht unvorteilhaft, da bei Reifensättigung an dieser Achse die Stellwirksamkeit beider Aktuatoren verloren ginge, während im Falle der Verteilung auf zwei Achsen im Sättigungsfall einer Achse zumindest die Stellwirksamkeit des Aktuators an der anderen Achse bestehen bleibt. Weiterhin beeinflussen sich in der Regel die Aktuatoren einer Achse gegenseitig. Während dabei im Linearbereich des Fzg.-Verhaltens vorzugsweise lenkende und/oder Rad-Längskräfte aufbringende Aktuatoren zum Einsatz kommen, ist im (weiter oben bereits genannten) Übergangsbereich bedingt auch eine Realisierung über eine Längskraftverteilung zwischen Vorderachse und Hinterachse und/oder über eine Beeinflussung der Vertikaldynamik des Fahrzeugs und letztlich über Eingriffe in die Leistungsabgabe bzw. Momentenabgabe des Fzg.-Antriebsaggregats möglich.

[0013] Die hiermit vorgeschlagenen unterschiedlichen Übertragungsfunktionen für zumindest zwei Freiheitsgrade können dabei im Steuerungssystem selbsttätig in Abhängigkeit von Randbedingungen, insbesondere in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit und/oder vom vom Fahrer vorgegebenen Lenkwinkel vorgegeben werden. Alternativ oder zusätzlich ist es aber auch möglich, dass unterschiedliche Übertragungsfunktionen, die auf zumindest zwei Freiheitsgrade Auswirkung haben, durch den Fahrer vorgebar sind, wobei die Möglichkeit der Vorgabe beliebiger Werte nicht günstig erscheint, sondern die Möglichkeit bestehen sollte, unter diskreten Werten eine Auswahl zu treffen.

[0014] Im weiteren wieder auf den bevorzugten Beispielsfall zurückkehrend, nämlich dass eine Wunsch-Gierrate und/oder ein Wunsch-Schwimmwinkel und/oder eine Wunsch-Querbeschleunigung bzw. Wunsch-Übertragungsfunktionen (bzw. Wunsch-Übertragungsverhalten) für die Gierrate (dynamisch und/oder stationär) und für den Schwimmwinkel (dynamisch und/oder stationär) vorgebar sein sollen, so können theoretisch eine Vielzahl von Parametern frei vorgegeben werden. Wenn bspw. – wie weiter oben bereits angegeben – die Übertragungsfunktionen einen das Stationärverhalten des Fahrzeugs beschreibenden Anteil sowie einen das (dynamische) Instationärverhalten des Fahrzeugs beschreibenden Anteil enthalten, wobei letztgenannter durch eine Schwingungsgleichung im weitesten Sinne beschrieben sein kann, die als Größen u. a. die Schwingungs-Bandbreite bzw. die natürliche Frequenz, einen Dämpfungsfaktor sowie die Nullstellen

enthält, so erhält man bereits für diese beiden Freiheitsgrade unter Verwendung zweier unabhängiger Aktuatoren (nämlich bspw. für eine Vorderrad-Lenkung sowie für eine Hinterrad-Lenkung) 16 Parameter. Jeweils für den Vorderachs-Aktuator sowie für den Hinterachs-Aktuator fallen dann nämlich sowohl für die Gierrate als auch für den Schwimmwinkel jeweils 4 Parameter an, nämlich jeweils der sog. Stationäranteil und die drei genannten Instationär-Anteile.

[0015] Dabei ist es durchaus möglich, dass ein Ziel-fahrverhalten des Fahrzeugs mittels physikalisch interpretierbarer Steller hinsichtlich Bandbreite, Dämpfung, Stationärverhalten und Nullstellen der Übertragungsfunktionen zwischen einer Lenkwinkel-Vorgabe des Fahrers und dem Schwimmwinkel und/oder der Gierrate des Fahrzeugs eingestellt werden kann, so insbesondere im Rahmen der Auslegung eines konkreten Fahrdynamik-Steuerungssystems eines bestimmten Fahrzeugs bzw. Fahrzeug-Typs. Beispielsweise könnten einem Applikateur durchaus 16 Drehknöpfe oder dgl. für die im vorhergehenden Absatz genannten 16 Parameter zur Verfügung gestellt werden, und zwar unter der genannten physikalischen Interpretation.

[0016] Es kann jedoch durchaus sein, dass eine freie Wählbarkeit für sämtliche Parameter in der Realität überhaupt nicht umsetzbar ist, weil bspw. der jeweilige Aktuator einer entsprechenden Vorgabe nicht folgen kann, bspw. weil dessen Dynamik nicht ausreicht (hinsichtlich Bandbreite oder wegen Stellratenbeschränkung) und/oder weil die erforderliche Stellenergie zu hoch ist. Daher wird vorgeschlagen, die Vorgabe der genannten Parameter relativ zum passiven Fahrverhalten vorzunehmen. So ergibt sich eine einfache intuitive Parametrisierung, bspw. wenn eine Vorgabe in einer prozentualen Veränderung zum Verhalten eines konventionellen, nicht beeinflussbaren Fahrverhaltens des Fahrzeugs vorgenommen werden kann. Bei gemäßigter Anforderung (z. B. 10% Veränderung) wird der jeweilige Aktuator nicht überfordert.

[0017] Im Rahmen dessen kann also zunächst das konventionelle Fahrverhalten im Linearbereich und Übergangsbereich identifiziert werden. Dabei können entweder einmalig mittels Identifikation die Daten für das lineare Einspurmodell ermittelt werden und aus diesen die äquivalenten Parameter bzw. Kennfelder berechnet werden, die für die Festlegung der Übertragungsfunktionen benötigt werden. Es können aber auch Verläufe dieser Parameter über der Fahrgeschwindigkeit (und/oder über dem vorgegebenem Lenkwinkel und/oder über der Lenkwinkelgeschwindigkeit o. a.) in Fahrversuchen direkt identifiziert werden. Anschließend kann eine Wunschdynamik relativ zu diesen Größen festgelegt werden, wobei abermals die Möglichkeit besteht, eine Anpassung bspw. an Fahrgeschwindigkeit und/oder Lenkwinkel-Vorga-

be und/oder Lenkwinkelgeschwindigkeit (bzw. in Abhängigkeit von diesen und/oder auch anderen Größen) vorzunehmen. Die weiter oben bereits beispielhaft genannten 16 Parameter können dann als physikalische „Drehknöpfe“ interpretiert werden, mit denen das Wunsch-Verhalten des Fahrzeugs festgelegt werden kann, und zwar vorzugsweise in Relation (bspw. durch %-Angaben) zum konventionellen Fahrzeug (dessen Übertragungsfunktionen nicht veränderbar sind). Für eine Reduktion der Komplexität kann es dabei sinnvoll sein, diejenigen Parameter, die den dynamischen Anteil der Übertragungsfunktionen beschreiben, gruppenweise in jeweils einem „Drehknopf“ zusammen zu fassen, d. h. zurückkommend auf die bereits genannte Schwingungsgleichungs-Analogie jeweils nur einen Drehknopf für die Bandbreite bzw. für die Dämpfung bzw. für die Nullstellen vorzusehen.

[0018] Ein vorgeschlagenes Fahrdynamik-Steuerungssystem ist durchaus kombinierbar bzw. kompatibel mit bereits vorhandenen Verfahren zur Längsdynamik-Kompensation, d. h. eine Kompensation der Längsdynamik-Einflüsse auf die Querdynamik und die Gierdynamik ist bei Ansteuerung von zumindest zwei Aktuatoren gleichzeitig möglich. Ferner ist eine Kombination mit üblichen Fahrstabilisierungs-Regelungen bzw. Gierratenregelungen einfach möglich. Vorteilhafterweise ist eine Auslegung der vorgeschlagenen Vorsteuerung mit unterschiedlichen Reglerstrukturen möglich, so bspw. über inverse Modellvorsteuerung oder 2DOF-Struktur (= two degrees of freedom) oder über P/PID-Regler oder ein geregeltes Vorsteuer-Modell, und zwar jeweils stationär und/oder dynamisch. Auch kann eine Kompensation der Aktuatordynamik über inverse Modelle (linear, nichtlinear) oder auch andere Strukturen (geregelte Vorsteuerung, 2DOF-Struktur, PID-Regler) verwendet werden, falls die Aktuatordynamik (bspw. hinsichtlich Bandbreite und Stellrate) nicht hinreichend schnell ist, wobei noch darauf hingewiesen sei, dass durchaus eine Vielzahl von Details abweichend von obigen Erläuterungen gestaltet sein kann, ohne den Inhalt der Patentansprüche zu verlassen.

[0019] Grundsätzlich (bezogen auf den mehrmals erwähnten bevorzugten Anwendungsfall) ermöglicht ein vorgeschlagenes Steuerungssystem eine freie Gestaltung der Querdynamik und Gierdynamik eines Fahrzeugs im Linearbereich des Fahrverhaltens und eingeschränkt auch in dessen Übergangsbereich. Das Wunsch-Fahrverhalten kann mittels physikalisch interpretierbaren „Knöpfen“ bspw. für Bandbreite, Dämpfung, Stationärverhalten und Nullstellen bezüglich Übertragungsverhalten zwischen Lenk-Vorgabe durch den Fahrer und Schwimmwinkel, Gierrate und/oder Querbeschleunigung des Fahrzeugs eingestellt werden. Damit kann dem Fahrzeug prinzipiell eine beliebige Querdynamik und Gierdynamik (in Abhängigkeit der Aktuatordynamiken und Stellra-

tenbeschränkungen) aufgeprägt werden. Einem mit einem erfindungsgemäßen System ausgestatteten Fahrzeug kann somit das Fahrverhalten eines (beliebigen) anderen (auch virtuellen) Fahrzeugs aufgeprägt werden (zumindest bei Vorliegen einer ausreichenden Aktuatordynamik). Durch diese Funktion kann eine Differenzierung des Fahrverhaltens durch Verwendung unterschiedlicher Parametrisierungen durchgeführt werden, im einfachsten Fall in Form eines sog. Fahrdynamikschalters. Eine freie Vorgabe der Querdynamik und der Gierdynamik bewirkt dabei ein frei vorgegbares Quer- und Gierverhalten im Linearbereich und im Übergangsbereich der Reifen, eine vorausschauende Stabilisierung durch Vorsteuerung, die Vermeidung von Fahrer-induzierten Schwingungen, eine leichtere Beherrschbarkeit des Fahrzeugs durch eine Vergrößerung des Linearbereichs sowie eine erhöhte Stabilitätsreserve.

Patentansprüche

1. Fahrdynamik-Steuerungssystem für ein zweispuriges Kraftfahrzeug, dessen dynamisches Verhalten bezüglich einer Vorgabe des Fahrers in zumindest zwei Freiheitsgraden durch eine der Zahl der Freiheitsgrade entsprechende Anzahl von modellgestützt angesteuerten Aktuatoren, welche das Verhalten des Fahrzeugs hinsichtlich dieser Freiheitsgrade bestimmen, veränderbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Ansteuerung der Aktuatoren für die unterschiedlich einstellbaren Freiheitsgrade die Übertragungsfunktionen einer modellgestützten Vorsteuerung unabhängig voneinander auf unterschiedliche Werte eingestellt werden, wobei die Übertragungsfunktionen einen das Stationärverhalten des Fahrzeugs beschreibenden Faktor und einen das dynamische Instationärverhalten beschreibenden Faktor enthalten.

2. Fahrdynamik-Steuerungssystem nach Anspruch 1, wobei unterschiedliche Übertragungsfunktionen für zumindest zwei Freiheitsgrade in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit und/oder vom vom Fahrer vorgegebenen Lenkwinkel und/oder von der vorgegebenen Lenkwinkelgeschwindigkeit vorgegeben werden.

3. Fahrdynamik-Steuerungssystem nach Anspruch 1 oder 2, wobei die unterschiedlichen Übertragungsfunktionen, die auf zumindest zwei Freiheitsgrade Auswirkung haben, unter Angabe des Verhältnisses zum konventionellen, nicht beeinflussbaren Fahrverhalten des Fahrzeugs vorgegebbar sind.

4. Fahrdynamik-Steuerungssystem nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die unterschiedlich darstellbaren Fahrzeug-Reaktionen auf eine Vorgabe des Fahrers die Querdynamik und/oder Gierdynamik und/oder Längsdynamik des Fahrzeugs betreffen.

5. Fahrdynamik-Steuerungssystem nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die unterschiedlich darstellbaren Fahrzeug-Reaktionen auf eine Vorgabe des Fahrers die Hubdynamik und/oder die Nickdynamik und/oder die Wankdynamik des Fahrzeug-Aufbaus betreffen.

6. Fahrdynamik-Steuerungssystem nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei der das dynamische Instationärverhalten beschreibende Faktor der Übertragungsfunktionen durch ein Gleichungssystem nach Art einer Schwingungsgleichung beschrieben ist, das oder die als Größen u. a. die Bandbreite, einen Dämpfungsfaktor sowie die Nullstelle enthält.

7. Fahrdynamik-Steuerungssystem nach Anspruch 6, wobei ein Zielfahrverhalten des Fahrzeugs mittels physikalisch interpretierbarer Steller hinsichtlich Bandbreite, Dämpfung, Stationärverhalten und Nullstellen der Übertragungsfunktion zwischen einer Lenkwinkel-Vorgabe des Fahrers und dem Schwimmwinkel und/oder der Gierrate und/oder der Querbeschleunigung des Fahrzeugs einstellbar ist.

8. Fahrdynamik-Steuerungssystem nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei einer der Aktuatoren an der Vorderachse des Fahrzeugs und ein anderer an der Hinterachse des Fahrzeugs wirksam ist.

9. Fahrdynamik-Steuerungssystem nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei Aktuatoren zum Einstellen von Rad-Lenkwielen an der Vorderachse und/oder Hinterachse vorgesehen sind und/oder Aktuatoren zum Aufbringen von unterschiedlichen Rad-Längskräften an den beiden Seiten einer Achse oder des Fahrzeugs.

Es folgen keine Zeichnungen