



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2006 039 353 A1 2008.03.06

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2006 039 353.8

(22) Anmeldetag: 22.08.2006

(43) Offenlegungstag: 06.03.2008

(51) Int Cl.⁸: **B60G 17/0165** (2006.01)
B60G 17/033 (2006.01)

(71) Anmelder:
Daimler AG, 70327 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Schindler, Andreas, Dipl.-Ing., 71034 Böblingen, DE; Streiter, Ralph, Dr. Ing., 70193 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

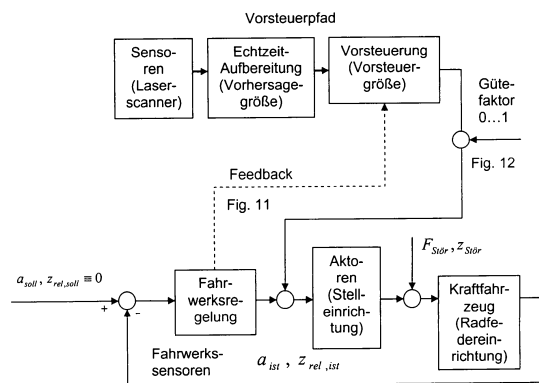
(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Beeinflussung der Federkraftcharakteristik eines aktiven Fahrwerks eines Kraftfahrzeugs**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Beeinflussung der Federkraftcharakteristik eines aktiven Fahrwerks eines Kraftfahrzeugs, mit

- einer Radfedereinrichtung, die zwischen einem Fahrzeugaufbau und einem Radträger des Kraftfahrzeugs angeordnet ist, wobei die Federkraftcharakteristik der Radfedereinrichtung durch Ansteuerung einer Stelleinrichtung veränderbar ist,
- einer Sensoreinrichtung zur Ermittlung einer Vorhersagegröße, die das Höhenprofil einer in Fahrtrichtung des Kraftfahrzeugs vorausliegenden Fahrtstrecke wiedergibt, und
- einer Kontrolleinrichtung, die die Stelleinrichtung in Abhängigkeit der ermittelten Vorhersagegröße derart ansteuert, dass die Federkraftcharakteristik der Radfedereinrichtung vorausschauend an den Verlauf des erfassten Höhenprofils der in Fahrtrichtung des Kraftfahrzeugs vorausliegenden Fahrtstrecke angepasst wird.

Regelziel:
 Vertikalbeschleunigung a
 Federwegbedarf z_{rel}
 minimieren! $\Rightarrow a, z_{rel} \approx 0$

Konzept der Vorausschau:



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Beeinflussung der Federkraftcharakteristik eines aktiven Fahrwerks eines Kraftfahrzeugs.

[0002] Es ist bekannt, dass selbst aktive Fahrwerke im Zielkonflikt zwischen Fahrdynamik und Fahrkomfort an Grenzen stoßen. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass gängige aktive Fahrwerke auf fahrtbedingte Fahrbananregungen, wie sie beispielsweise beim Überfahren von Bodenwellen oder dergleichen verursacht werden, erst dann reagieren, wenn diese bereits auf das Kraftfahrzeug einwirken.

[0003] So stehen die Informationen der von der Fahrwerksregelung verwendeten Sensoren, die beispielsweise der Erfassung einer vertikalen Fahrzeugaufbaubeschleunigung oder der an Radfedereinrichtungen des Kraftfahrzeugs auftretenden Federwege dienen, erst dann zur Verfügung, wenn die Fahrbananregungen bereits auf den Fahrzeugaufbau einwirken.

[0004] Die verbleibende Zeit für die Ausregelung der fahrtbedingten Anregungen und die Ansteuerung der Fahrwerksaktuatoren ist folglich vergleichsweise gering. Die Regelung beschränkt sich daher im wesentlichen darauf, die Auswirkungen der fahrtbedingten Anregungen nachträglich möglichst rasch zu bedämpfen.

[0005] Diese Nachteile lassen sich durch Verwendung eines aktiven Fahrwerks mit einer auf einer vorausschauenden Sensorik beruhenden Regelstrategie sowie einer zugehörigen Vorsteuerung vermeiden.

[0006] In Analogie zum menschlichen Auge werden dem aktiven Fahrwerk – wie der in [Fig. 1](#) dargestellten gehenden bzw. laufenden Person – Informationen über den kommenden Straßenhöhenverlauf sowie über den Abstand zu erwartender Straßenhindernisse vorausschauend zur Verfügung gestellt. D.h. es wird ein dreidimensionales Abbild des Höhenprofils der vorausliegenden Fahrtstrecke erzeugt.

[0007] Die Erkennung eines vorausliegenden Straßenhindernisses ermöglicht die Schaffung eines kognitiven Fahrwerks. Ein Hindernis wird erkannt, und das Kraftfahrzeug kann bereits vor Eintreffen des Hindernisses ein komfortoptimiertes Regelverhalten zum Überfahren des Hindernisses auswählen und Gegenmaßnahmen durch geeignete Ansteuerung des aktiven Fahrwerks einleiten.

[0008] Für das kognitive Fahrwerk lassen sich folgende Schritte unterscheiden: i) Hindernis erkennen (frühzeitig vor dessen Überfahren); ii) Hindernistyp

analysieren; iii) Überfahrstrategie auswählen; iv) Aktionen zum Überfahren einleiten.

[0009] Am Beispiel einer vorausliegenden Fahrbahnschwelle bedeutet dies unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#): i) Erkennen: Bei dem Hindernistyp handelt es sich beispielsweise um eine 10 cm hohe Schwelle, die sich in einer Entfernung von 10 m vor dem Kraftfahrzeug befindet; ii) Analyse und Auswahl der Überfahrstrategie: Der maximal zur Verfügung stehende Federweg ist kleiner als die Hindernishöhe; iii) Aktionen: Fahrzeugaufbau rechtzeitig vor Erreichen des Hindernisses durch Erhöhung des maximal zur Verfügung stehenden Federwegs anheben.

[0010] Das Konzept baut auf folgenden Bestandteilen auf: i) Kraftfahrzeug mit aktiven Fahrwerkskomponenten (zum Beispiel Active Body Control), d.h. mit Radfedereinrichtungen, die sich mittels zugehöriger Stelleinrichtungen bezüglich ihrer Federkraftcharakteristik und damit in ihrer Höhe bzw. ihrem Federweg verstellen lassen; ii) Sensoren und Rechnersystem bzw. Kontrolleinrichtung; iii) Regelung für das aktive Fahrwerk; iv) vorausschauende Sensoren zur unmittelbaren Erfassung des Straßenhöhenverlaufs in Fahrtrichtung des Kraftfahrzeugs; v) Algorithmus zur Aufbereitung der Straßenrohmessdaten in Echtzeit; vi) Vorsteuerung zur Anpassung der Federkraftcharakteristik der Radfedereinrichtungen des aktiven Fahrwerks an den mittels der Sensoren erfassten vorausliegenden Straßenhöhenverlauf.

[0011] In [Fig. 3](#) ist die Grundstruktur eines herkömmlichen aktiven Fahrwerks ohne Vorausschau dargestellt, wohingegen [Fig. 4](#) das Gesamtkonzept des erfindungsgemäßen aktiven Fahrwerks mit Vorausschau zeigt.

[0012] Das Kraftfahrzeug umfasst ein aktives Fahrwerk (beispielsweise Active Body Control), das es ermöglicht, die Bewegung des Fahrzeugaufbaus und/oder die Radbewegung zu beeinflussen. Dies wird durch einen Verstellmechanismus bzw. eine Stelleinrichtung an jedem Rad bzw. jeder Radfedereinrichtung des Kraftfahrzeugs gewährleistet. Dadurch lässt sich die Bewegung des Fahrzeugaufbaus sowie die Radbewegung bedämpfen und der Fahrzeugaufbau gezielt bezüglich seines Niveaus gegenüber der Fahrbahnoberfläche bewegen.

[0013] Genauer gesagt erlaubt der Verstellmechanismus bzw. die Stelleinrichtung eine Anpassung der Federkraft bzw. der Federkraftcharakteristik der Radfedereinrichtung und damit letztlich des Abstands zwischen Rad und Fahrzeugaufbau.

[0014] Auf diese Weise wird ein Anheben oder Absenken des Kraftfahrzeugs bzw. des Fahrzeugaufbaus vor dem Überfahren eines Fahrbahnhindernisses ermöglicht sowie eine Kompensation kleinerer

Fahrbahnanregungen aufgrund Straßenunebenheiten.

[0015] Zur Bestimmung der Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung des Fahrzeugaufbaus relativ zur Fahrbahnoberfläche umfasst das erfindungsgemäße aktive Fahrwerk verschiedene Sensoren, die entsprechende elektrische Sensorsignale bzw. Messgrößen bereitstellen. Diese Messgrößen werden nach Aufbereitung (zum Beispiel nach Filterung) einem Echtzeitrechnersystem bzw. einer Kontrolleinrichtung im Kraftfahrzeug zur Verfügung gestellt, in dem der Regelalgorithmus der erfindungsgemäßen Fahrwerksregelung abläuft.

[0016] Die Messgrößen dienen als Eingangsgrößen für den Regelalgorithmus des aktiven Fahrwerks sowie zur Ermittlung einer in den Regelalgorithmus eingehenden Vorhersagegröße, die das Höhenprofil der in Fahrtrichtung des Kraftfahrzeugs vorausliegenden Fahrtstrecke wiedergibt und zur geeigneten Ansteuerung des aktiven Fahrwerks dient.

[0017] Der Regelalgorithmus beinhaltet folgende Funktionen: i) Niveauregulierung zur Gewährleistung eines gleichbleibenden Fahrzeugniveaus unabhängig vom Beladungszustand des Kraftfahrzeugs; ii) Bedämpfung der Bewegung des Fahrzeugaufbaus zur Verringerung der Insassenbeschleunigung; iii) weitgehende Kompensation von Nick- und Wankbewegungen des Fahrzeugaufbaus beim Bremsen bzw. Anfahren sowie bei Kurvenfahrten und dergleichen.

[0018] Die Reduzierung der Fahrzeugbeschleunigungen erhöht den Insassenkomfort, wohingegen die Verringerung der Bewegungen des Fahrzeugaufbaus (dynamisch und stationär) der Fahrsicherheit zugute kommt.

[0019] Das Kraftfahrzeug ist mit zwei Sensoren bzw. Sensoreinrichtungen ausgerüstet, die jeweils die Fahrspur im Frontbereich der Vorderräder des Kraftfahrzeugs abtasten, um Informationen über den Straßenhöhenverlauf vor dem Kraftfahrzeug zu gewinnen. Beispielsgemäß handelt es sich bei den Sensoreinrichtungen um Laserscanner. Die Sensoreinrichtungen arbeiten mit gepulstem Infrarotlicht und tasten entsprechend [Fig. 5](#) punktweise die Fahrtstrecke vor dem linken und dem rechten Vorderrad des Kraftfahrzeugs ab. Die Abtastung erfolgt somit punktweise in Fahrtrichtung des Kraftfahrzeugs. Die Sensorrohdaten werden über eine Schnittstelle an das Echtzeitrechnersystem bzw. die Kontrolleinrichtung übertragen und dort zur Ermittlung der Vorhersagegröße aufbereitet.

[0020] Die Aufbereitung der Sensorrohdaten erfolgt in Echtzeit, wobei folgende Schritte vorgesehen sind: i) Zwischenspeicherung der Rohdaten; ii) Fehlerkorrektur der Rohdaten; iii) Fusion der Sensordaten der

Laserscanner und der Fahrwerkszustandsdaten, da durch die Fahrzeugbewegung (Nicken, Wanken, Hub) während der Fahrt eine Korrektur der von den Laserscannern bereitgestellten Sensordaten notwendig ist. Die Informationen bezüglich Nicken, Wanken und Hub liefern die Sensoren des aktiven Fahrwerks; iv) Qualitätsverbesserung durch Überlagerung mehrerer hintereinander aufgezeichneter Straßenprofile gemäß [Fig. 6](#). In diesem Fall kann eine statistische Mittelung der von den Laserscannern bereitgestellten Sensorrohdaten zur Verbesserung der Signalgüte sowie der Güte der Vorhersagegröße durchgeführt werden. Das Überlagern der Straßenprofile geschieht in Echtzeit während der Fahrt. Bei der Überlagerung mehrerer Straßenprofile kann der zurückgelegte Weg zwischen zwei Messungen sowie die Veränderung der Fahrzeugposition absolut zur Straße (Nickwinkel, Wankwinkel und Hub) zwischen zwei Messungen bestimmt werden. Dadurch kann die Position des Fahrzeugaufbaus (Nicken, Wanken, Hub) ohne die Verwendung von Relativwegsensoren berechnet werden; v) Übermittlung des aktuellen Straßenhöhenprofils bzw. der Vorhersagegröße an die Fahrwerksregelung mit Vorsteuerung.

[0021] Bei herkömmlichen aktiven Fahrwerken ohne Vorausschau kann die Regelung erst nach Eintreffen der Fahrbahnanregung reagieren. Bei Überfahren einer Fahrbahnunebenheit wird die Fahrbahnanregung abhängig vom Einfedern des jeweiligen Rades (Wegsensor zwischen Fahrzeugaufbau und Rad) und der Vertikalbeschleunigung zwischen Rad und Fahrzeugaufbau (Beschleunigungssensor am Fahrzeugaufbau) gemessen. Erst dann reagiert die Regelung des Fahrwerks. In der Praxis macht ein Rückrechnen von Federwegen und Vertikalbeschleunigung auf das Fahrbahnhöhenprofil wenig Sinn, da die dabei auftretenden zeitlichen Verzögerungen kein rechtzeitiges Reagieren der Regelung auf das Fahrbahnhöhenprofil ermöglichen. Eine Rekonstruktion des Straßenprofils ist somit nicht in Echtzeit möglich.

[0022] In [Fig. 7](#) ist der Sachverhalt schematisch dargestellt. Erst nach Punkt **3** kann ein Rückrechnen auf den Straßenhöhenverlauf erfolgen. Die Anregung durch das Hindernis hat sich zu diesem Zeitpunkt schon auf das Kraftfahrzeug ausgewirkt.

[0023] Durch die Regelung kann nur versucht werden, die weiteren Störauswirkungen, wie zum Beispiel Beschleunigungseinträge auf die Passagiere, möglichst gering zu halten.

[0024] Das Vorwissen über den kommenden Straßenhöhenverlauf erlaubt eine völlig neue Strategie für eine Regelung mit Vorsteuerung im Vergleich zu einer konventionellen Fahrwerksregelung.

[0025] Durch die vorausschauende Sensorik steht die Information über das kommende Straßenhöhen-

profil bereits einige Meter vor dem Kraftfahrzeug zur Verfügung.

[0026] Durch die Vorausschau ist das Straßenhöhenprofil bereits vor dem ersten Hinderniskontakt (siehe Punkt 1 in [Fig. 6](#)) bekannt. Daher kann eine Kompensationsstrategie eingeleitet werden, die beispielsweise das Rad einzieht und die Auswirkungen der Fahrbananregung auf das Kraftfahrzeug vollständig kompensiert. Die Trägheit der Fahrwerksaktoren bzw. der Stelleinrichtungen und der Zeitverzug aufgrund der Aufbereitung bzw. Verarbeitung der Sensordaten spielen somit keine Rolle mehr. Dies ist in [Fig. 8](#) dargestellt.

[0027] Während für die Kompensationsstrategie nur eine relativ kurze Vorausschauzeit bzw. ein vergleichsweise geringer Vorhersagehorizont erforderlich ist, kann bei Kenntnis der Straßenhöhenverläufe weit vor dem Kraftfahrzeug zusätzlich eine Langzeitstrategie vorgesehen werden.

[0028] Darunter ist zu verstehen, dass das Kraftfahrzeug schon einige Zeit vor dem Eintreffen des Hindernisses vorkonditioniert werden kann. D.h. unter Kenntnis der erwarteten Fahrzeugreaktion kann in Bezug auf das kommende Hindernis eine Bewegungsaktion eingeleitet werden, die den Energieeintrag auf das Kraftfahrzeug beim Überfahren des Hindernisses minimiert.

[0029] [Fig. 9](#) zeigt schematisch dieses Vorgehen: i) Erkennen des Hindernisses lange vor dem Überfahren; ii) Prognostizieren des Störungseintrags auf das Fahrzeug ohne Vorsteuerung; iii) Berechnung des optimalen Bewegungsablaufs zur Vorkonditionierung des Fahrzeugs, damit der Energieeintrag beim Überfahren des Hindernisses minimal wird (vorzeitiges Anheben des Rades schon vor dem Hindernis); v) Ausführen der Bewegungsaktion schon vor dem Hindernis.

[0030] Bei einer konventionellen Fahrwerksregelung gibt ausschließlich die Regelung die Stellsignale vor. Kommt eine Vorsteuerung hinzu, gibt eine zweite Instanz Stellsignale aus. Damit kann es zu Konflikten zwischen Vorsteuerung und Fahrwerksregelung kommen, die zur Instabilität des Systems führen können, wie in [Fig. 10](#) dargestellt.

[0031] Da Vorsteuerung und Regelung per se nichts voneinander wissen, fasst die Regelung den Eingriff der Vorsteuerung in das Fahrwerksverhalten als Störung auf und versucht diesen auszuregeln.

[0032] Daher wird eine Strategie vorgeschlagen, die über Informationen bezüglich der Reglerstruktur und damit in Bezug auf die gegenwärtigen bzw. zu erwartenden Regleraktivitäten verfügt. Mit diesem Zusatzwissen kann die Vorsteuerung eingreifen und die

Regleraktivitäten kompensieren, ohne dass es zu dem vorstehend erwähnten Konflikt kommt. Dieses kooperative Vorsteuerkonzept ist Grundvoraussetzung für ein einwandfreies Funktionieren eines vorausschauenden Ansatzes im realen Kraftfahrzeug. Dies ist in [Fig. 11](#) dargestellt.

[0033] In der Literatur werden häufig reine Vorsteuerkonzepte ohne Regelung erörtert. Eine Steuerung ist aber per se blind. Diese geht von einer idealen Kenntnis des Systemverhaltens aus und berechnet so die entsprechenden Steuer- bzw. Stellsignale. In der Realität sind jedoch die Modellparameter nicht exakt bekannt, außerdem ist das Straßenmesssignal rauschbehaftet. Dies führt zu einer fehlerhaften Steuerung. Deshalb ist eine Regelung unabdingbar, um Mess- und Modellfehler auszuregeln und damit zu kompensieren. Die Fahrwerksregelung bleibt also zusätzlich zur Vorsteuerung aktiv und kooperiert mit dieser.

[0034] Erkennt die Vorsteuerung einen Fehler, beispielsweise aufgrund ungenauer Informationen über den Straßenhöhenverlauf, wie er durch einen Ausfall der Sensoren bzw. Laserscanner verursacht werden kann, so ist es denkbar, den Vorsteuerpfad abzuschalten. Die Fahrwerksregelung ist in diesem Fall mit beschränktem Funktionsumfang weiter aktiv und gewährleistet die Aufrechterhaltung eines Mindestkomforts sowie eines ausreichend sicheren Fahrverhaltens.

[0035] Hierzu wird ein Gütefaktor, der sich aus der Datenqualität des aktuell berechneten Straßenhöhenprofils zusammensetzt, mit dem Steuersignal der Vorsteuerung multipliziert. Ist die Datenqualität des Messsignals gering, so ist der Gütefaktor Null. Die Vorsteuerung ist inaktiv und das Kraftfahrzeug fährt mit konventionell geregelterm Fahrwerk.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Beeinflussung der Federkraftcharakteristik eines aktiven Fahrwerks eines Kraftfahrzeugs, mit

- einer Radfedereinrichtung, die zwischen einem Fahrzeugaufbau und einem Radträger des Kraftfahrzeugs angeordnet ist, wobei die Federkraftcharakteristik der Radfedereinrichtung durch Ansteuerung einer Stelleinrichtung verstellbar ist,
- einer Sensoreinrichtung zur Ermittlung einer Vorhersagegröße, die das Höhenprofil einer in Fahrtrichtung des Kraftfahrzeugs vorausliegenden Fahrtstrecke wiedergibt, und
- einer Kontrolleinrichtung, die die Stelleinrichtung in Abhängigkeit der ermittelten Vorhersagegröße derart ansteuert, dass die Federkraftcharakteristik der Radfedereinrichtung vorausschauend an den Verlauf des erfassten Höhenprofils der in Fahrtrichtung des Kraftfahrzeugs vorausliegenden Fahrtstrecke angepasst

wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Anpassung der Federkraftcharakteristik ein an der Radfedereinrichtung zur Verfügung stehender Federweg entsprechend des Verlaufs des erfassten Höhenprofils modifiziert wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Sensoreinrichtung um einen Laserscanner zur Erfassung des Höhenprofils handelt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass genau zwei Laserscanner im Frontbereich des Kraftfahrzeugs angeordnet sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Sensoreinrichtung um ein bildgebendes Radarsystem und/oder um eine CCD-Kamera handelt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelte Vorhersagegröße ein dreidimensionales Abbild des erfassten Höhenprofils wiedergibt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontrolleinrichtung die Vorhersagegröße durch Überlagerung zeitlich aufeinanderfolgend erfasster Höhenprofile ermittelt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontrolleinrichtung abhängig von der ermittelten Vorhersagegröße eine an das erfasste Höhenprofil angepasste Strategie zur Ansteuerung der Stelleinrichtung auswählt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswahl der Strategie abhängig von einem der Vorhersagegröße zugrunde liegenden Vorhersagehorizont erfolgt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontrolleinrichtung die Vorhersagegröße in Abhängigkeit einer berechneten Zustandsgröße, die den aktuellen Bewegungszustand des Fahrzeugaufbaus relativ zur befahrenen Fahrbahnoberfläche wiedergibt, ermittelt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontrolleinrichtung die Zustandsgröße auf Grundlage eines Vergleichs zeitlich aufeinanderfolgend erfasster Höhenprofile berechnet.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Zustandsgröße um eine Funktion einer Nickwinkelgröße, die eine Nickbewegung des Fahrzeugaufbaus bezüglich einer

Aufbaulängsachse wiedergibt, und/oder einer Wankwinkelgröße, die eine Wankbewegung des Fahrzeugaufbaus bezüglich einer Aufbauquerachse wiedergibt, und/oder einer Hubgröße, die eine Hubbewegung des Fahrzeugaufbaus bezüglich einer Aufbauhochachse wiedergibt, handelt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontrolleinrichtung zur Ansteuerung der Stelleinrichtung eine von der Vorhersagegröße abhängige Vorsteuergröße ermittelt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontrolleinrichtung die Vorsteuergröße in Abhängigkeit der Datenqualität der Vorhersagegröße modifiziert.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontrolleinrichtung die Vorsteuergröße mit einem von der Datenqualität der Vorhersagegröße abhängigen Gütefaktor multipliziert.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Gütefaktor einen mit der Datenqualität zunehmenden Wert im Bereich von 0 und 1 aufweist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine mit der Kontrolleinrichtung zusammenwirkende Fahrwerksregelung vorhanden ist, die die Stelleinrichtung abhängig vom aktuellen Bewegungszustand des Fahrzeugaufbaus ansteuert und die die Vorsteuergröße an der Stelleinrichtung unter Berücksichtigung des aktuellen und/oder zu erwartenden Bewegungszustands des Fahrzeugaufbaus einregelt.

18. Verfahren zur Beeinflussung der Federkraftcharakteristik eines aktiven Fahrwerks eines Kraftfahrzeugs, bei dem eine Vorhersagegröße ermittelt wird, die das Höhenprofil einer in Fahrtrichtung des Kraftfahrzeugs vorausliegenden Fahrtstrecke wiedergibt, und bei dem die Federkraftcharakteristik einer zwischen einem Fahrzeugaufbau und einem Radträger des Kraftfahrzeugs angeordneten Radfedereinrichtung des aktiven Fahrwerks in Abhängigkeit der ermittelten Vorhersagegröße vorausschauend an den Verlauf des erfassten Höhenprofils der in Fahrtrichtung des Kraftfahrzeugs vorausliegenden Fahrtstrecke angepasst wird.

19. Kraftfahrzeug, gekennzeichnet durch eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

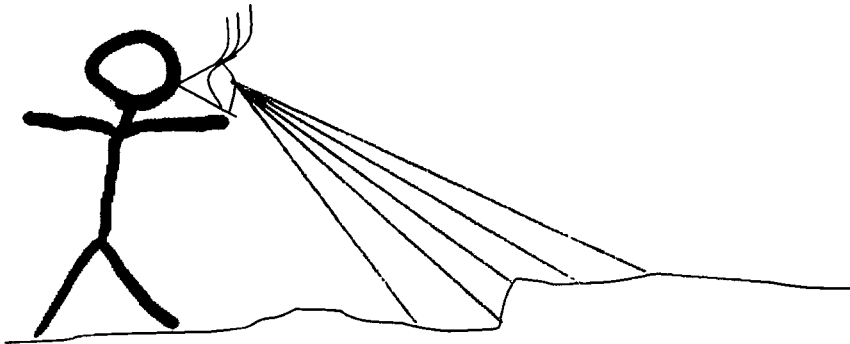


Fig. 1

1. Schwelle erkennen mittels vorausschauender Sensoren (Laserscanner)
2. Für Überfahrstrategie „Anheben“ entscheiden
3. Aktion „Anheben“ einleiten



Fig. 2

Herkömmliches aktives Fahrwerk:

Regelziel:
 Vertikalbeschleunigung a
 Federwegbedarf z_{rel}
 minimieren! $\Rightarrow a, z_{rel} \equiv 0$

Störung durch Fahrbahnanregung
 und Fahrmanöver:
 Kräfte F und Federwege z

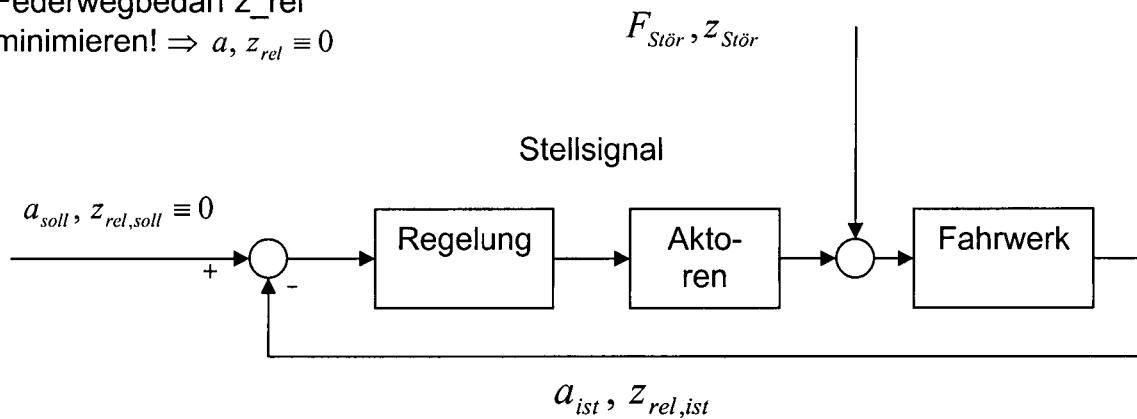


Fig. 3

Aktives Fahrwerk mit Vorausschau:

Regelziel:
 Vertikalbeschleunigung a
 Federwegbedarf z_{rel}
 minimieren! $\Rightarrow a, z_{rel} \equiv 0$

Konzept der Vorausschau:

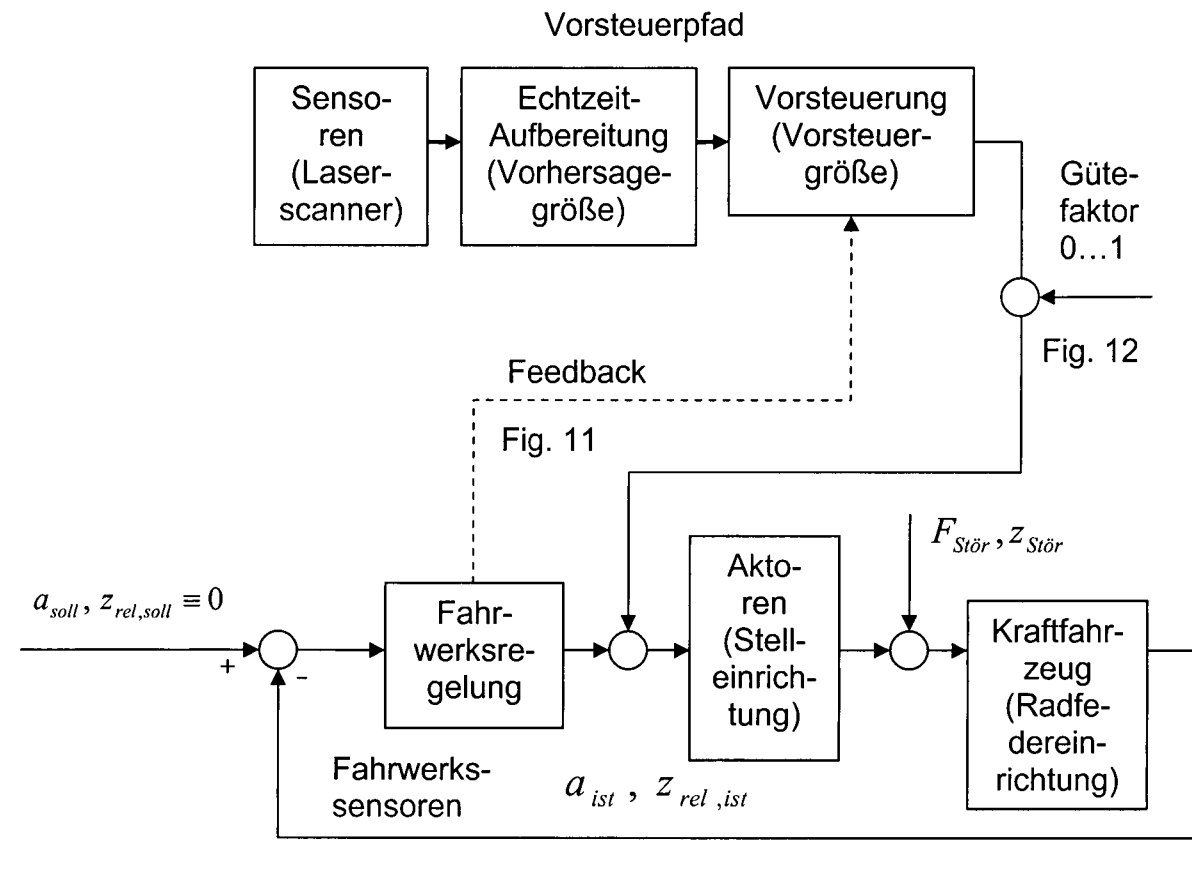


Fig. 4

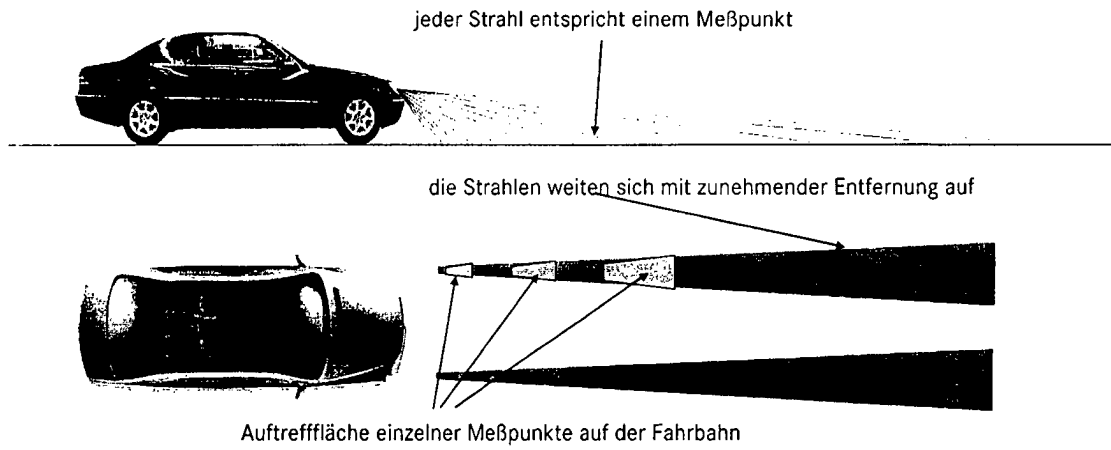


Fig. 5

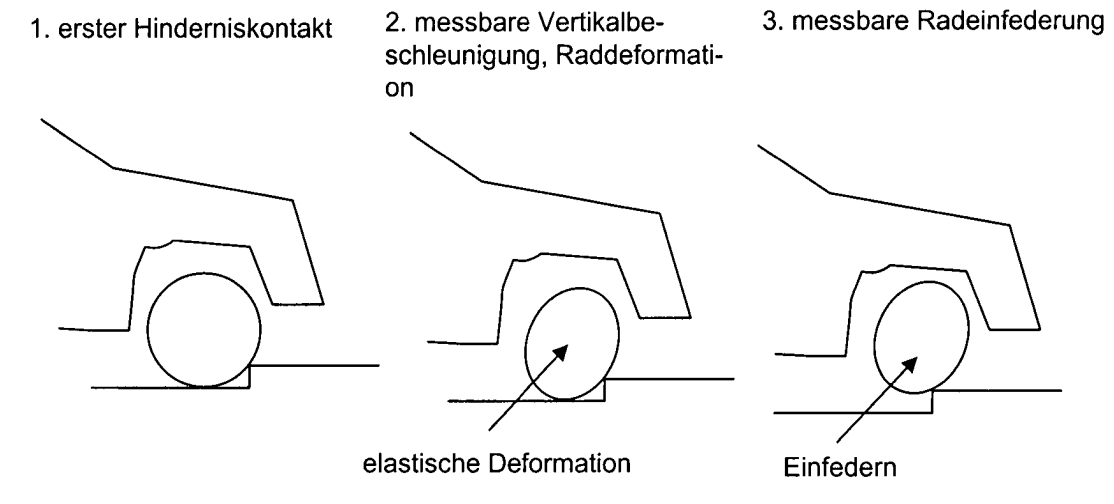


Fig. 6

1. Straßenprofil ist bekannt, Radeinziehen wird eingeleitet

2. Rad ist rechtzeitig eingezogen

3. Hindernis wird vollständig kompensiert

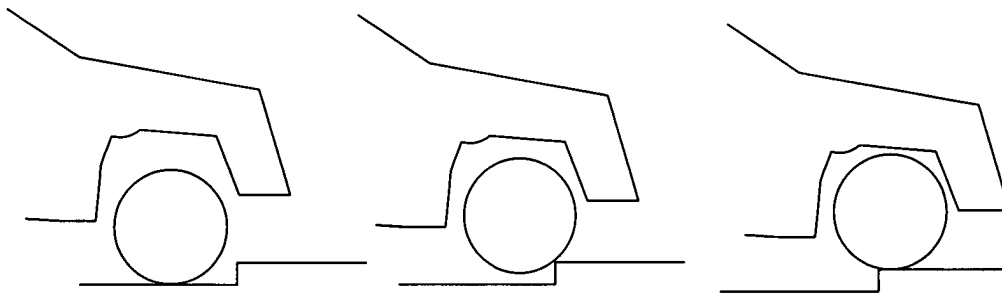


Fig. 7

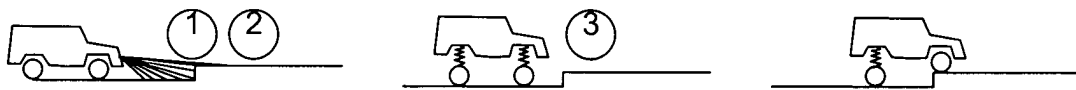


Fig. 8

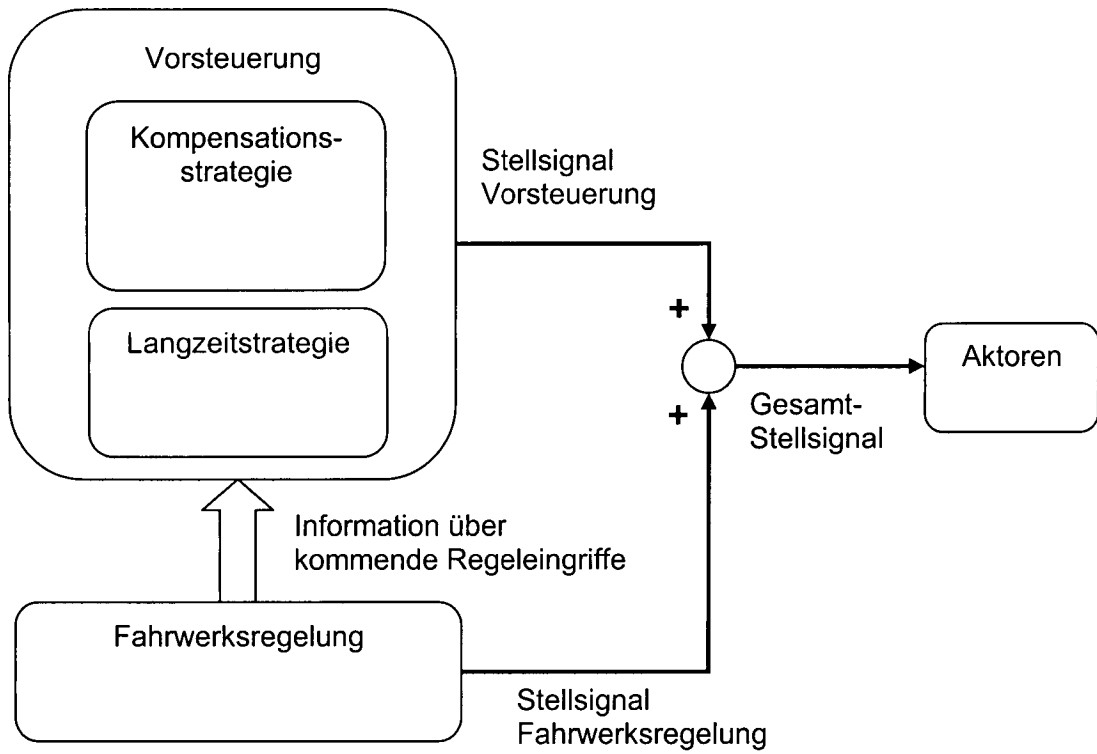


Fig. 9

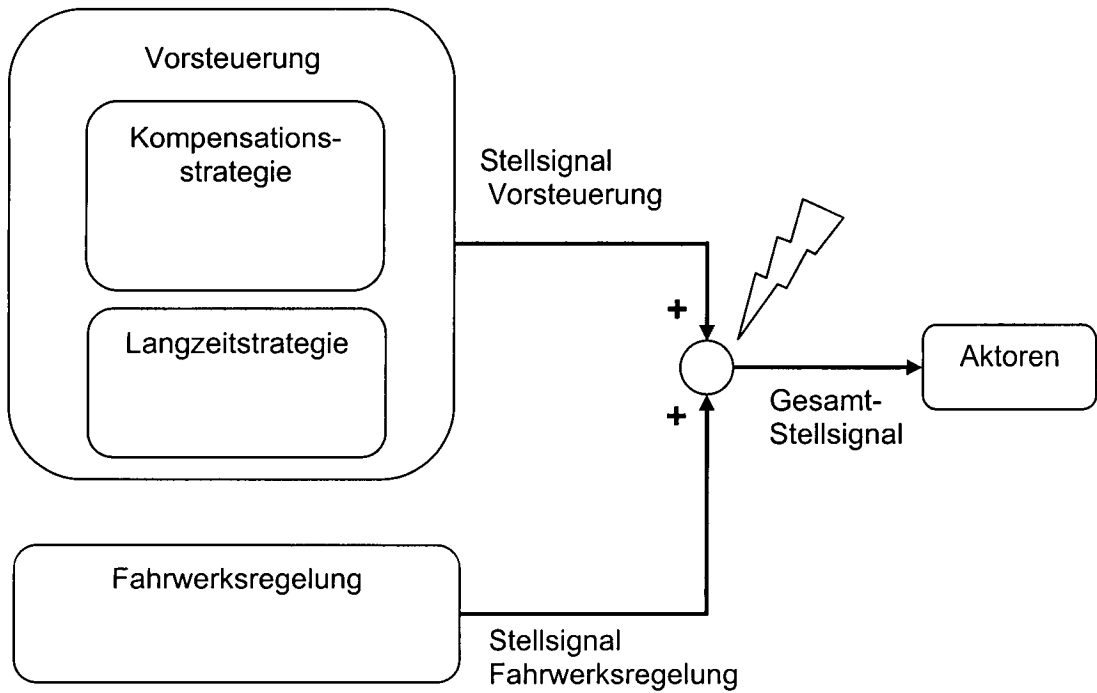


Fig. 10

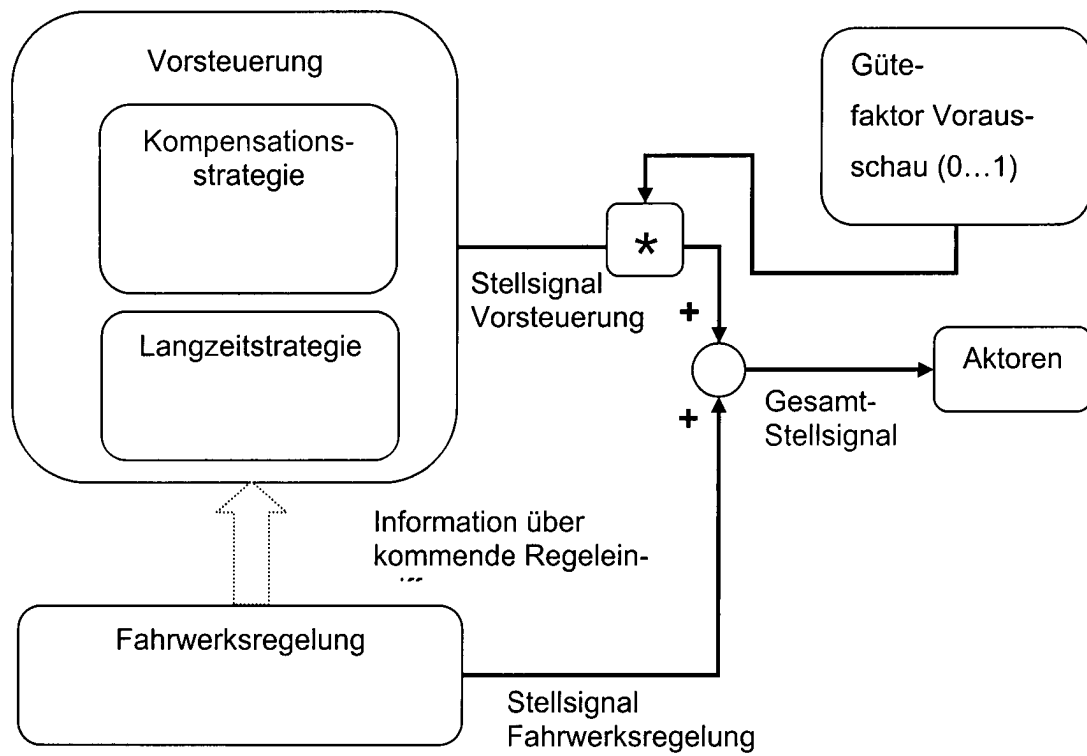


Fig. 11