



(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2005 014 569 A1 2006.10.05

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2005 014 569.8

(22) Anmeldetag: 31.03.2005

(43) Offenlegungstag: 05.10.2006

(51) Int Cl.⁸: G01C 19/08 (2006.01)

(71) Anmelder:

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

(72) Erfinder:

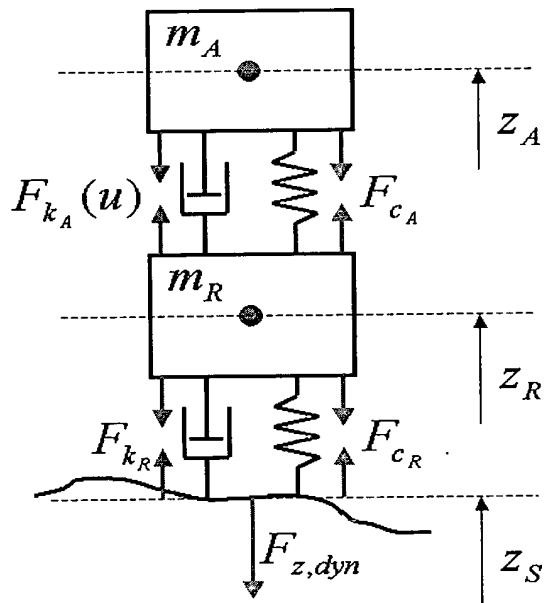
Fröhlich, Martin, 85354 Freising, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bestimmung der Masse eines Fahrzeugs**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Masse eines Fahrzeugs oder eines radindividuellen Massenanteils eines Fahrzeugs mit einer Vertikalbewegungen zwischen dem Fahrzeug-Aufbau und den Fahrzeug-Rädern ermöglichenden Radaufhängung, wobei die Massen-Schätzung mittels eines auf der Vertikaldynamik des Fahrzeugs basierenden Zustandsbeobachters durchgeführt wird. Die Basis des Zustandsbeobachters kann durch ein mathematisches Modell der Vertikaldynamik des Gesamt-Fahrzeugs gebildet sein und es werden als Messgrößen im Modellansatz die Aufbaubeschleunigungen und/oder Federwege und/oder Radbeschleunigungen und/oder Aufbaudrehraten berücksichtigt. Alternativ kann bei einem zweispurigen zweiachsigen Fahrzeug die Basis des Zustandsbeobachters durch ein mathematisches Modell der Vertikaldynamik eines Viertel-Fahrzeugs mit nur einem Rad gebildet sein. Neben den Messgrößen und vertikaldynamischen Zustandsgrößen können auch Stellgrößen für semiaktive oder aktive Fahrwerk-Regelssysteme berücksichtigt werden, darüber hinaus Anregungen des Aufbaus durch Beschleunigungs- und/oder Bremsvorgänge und/oder Lenkmanöver am Fahrzeug bspw. über eine Modellierung der Längsdynamik und/oder der Querdynamik über ein physikalisches Modell, insbesondere ein Einspur- oder Zweispurmodell.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Masse eines Fahrzeugs oder eines radindividuellen Massenanteils eines Fahrzeugs mit einer Vertikalbewegungen zwischen dem Fahrzeug-Aufbau und den Fahrzeug-Rädern ermöglichenden Radaufhängung.

[0002] Viele Regelungssysteme eines Kraftfahrzeugs und insbesondere die Fahrwerkregelssysteme benötigen die Fahrzeugmasse als Parameter in den Regelungsalgorithmen. Da die Fahrzeugmasse von der Belastung des Fahrzeugs abhängt, werden in den entsprechenden Regelungsalgorithmen entweder stets die nominellen Massenwerte verwendet, oder Verfahren eingesetzt, mit denen es möglich ist, die aktuelle Fahrzeugmasse oder die aktuelle Aufbaumasse des Fahrzeugs aus Sensordaten zu bestimmen.

Stand der Technik

[0003] Bei den meisten aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren wird die Fahrzeugmasse aus der längsdynamischen Bewegung des Fahrzeugs berechnet, wofür lediglich beispielshalber die DE 69522030 T2 genannt sei. Bei einem aus der DE 103 18 005 A1 bekannten Verfahren hingegen wird die Aufbaumasse über die am Federbeindom gemessenen Kräfte bestimmt. Der Nachteil des erstgenannten Standes der Technik ist, dass bei einer Ermittlung der Fahrzeugmasse über die Längsdynamik sowohl die Antriebskraft des Fahrzeugs als auch die Widerstandskraft (die insbesondere durch Rollwiderstände sowie Fahrtwind und Fahrbahn-Steigung verursacht wird) bekannt sein bzw. berechnet werden muß. Da diese Größen nur ungenau ermittelt werden können, ist die Güte bzw. Genauigkeit der bestimmten Masse nicht sehr hoch. Zudem ist es mit diesen Verfahren nur möglich, die Gesamtmasse des Fahrzeugs zu berechnen. Bei der Ermittlung der Aufbaumasse nach der genannten DE 103 18 005 A1 besteht der Hauptnachteil darin, dass hierbei zusätzliche Kraftmeß-Sensorik für die Bestimmung der Aufbaumasse benötigt wird.

[0004] Ein weiteres, günstiges Verfahren zur Bestimmung der Masse eines Fahrzeugs nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 aufzuzeigen, ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung. Die Lösung dieser Aufgabe ist dadurch gekennzeichnet, dass die Massen-Schätzung mittels eines auf der Vertikaldynamik des Fahrzeugs basierenden Zustandsbeobachters durchgeführt wird. Vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen sind Inhalt der Unteransprüche.

[0005] Grundsätzlich sind Identifikationsverfahren zur Ermittlung eines unbekanntem Parameters über einen erweiterten Zustandsbeobachter bekannt. Hierzu kann auf die Literatur verwiesen werden, so bspw. auf [Isermann, R.: Identifikation dynamischer Systeme, Bd. 1 und 2. Springer Verlag, 1987]. In Kenntnis dessen wird nun vorliegend ein solches Identifikationsverfahren vorgeschlagen, das vorzugsweise auf einem nichtlinearen, die Vertikaldynamik des Fahrzeugs auswertenden Zustandsbeobachter basieren kann und mit dem die Aufbaumasse eines Fahrzeugs und/oder dessen sog. ungedeferte Massen und/oder Massenträgheiten um die Längsachse und/oder um die Querachse des Fahrzeugaufbaus ermittelt werden können.

[0006] Die Basis des Zustandsbeobachters kann allgemein durch ein mathematisches Modell der Vertikaldynamik des Gesamt-Fahrzeugs gebildet sein und es können als Messgrößen im Modellansatz die Aufbaubeschleunigungen und/oder Federwege und/oder Radbeschleunigungen und/oder Aufbaudrehraten berücksichtigt werden. Mathematische Modelle für die Vertikaldynamik eines Gesamtfahrzeugs sind grundsätzlich bekannt, so bspw. aus [Genta, G.: Motor Vehicle Dynamics – Modeling and Simulation. Series on Advances in Mathematics for Applied Sciences – Vol.43. World Scientific Publishing Col Pte. Ltd., 1997] oder aus [Mitschke, M.; Dynamik der Kraftfahrzeuge, Band B Schwingungen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Zweite Auflage, 1984].

[0007] Alternativ kann anstatt eines vertikaldynamischen Modells des Gesamtfahrzeugs im Falle eines zweispurigen zweiachsigen Fahrzeugs (bspw. Personenkraftwagens) für eine oder mehrere „Fahrzeugecken“ ein reduziertes vertikaldynamisches Viertelfahrzeugmodell (für jeweils ein Rad des Fahrzeugs) als Basis des Beobachters verwendet werden. Durch die Verwendung eines solchen sog. Viertelfahrzeugmodells als Basis für den Beobachter kann über das hiermit vorgeschlagene Verfahren die ungedeferte Masse und/oder die anteilige Aufbaumasse des Viertelfahrzeugs bestimmt werden. Werden mehrere dieser Viertelfahrzeugbeobachter im Fahrzeug eingesetzt, so kann die Aufbaumasse des Gesamtfahrzeugs durch Addition der ermittelten Viertelfahrzeugmassen bestimmt werden. Zudem wird es bei der Verwendung mehrerer Viertelfahrzeugbeobachter möglich, die Massenverteilung im Fahrzeug zu bestimmen. Eine Bestimmung der Massenträgheiten des Aufbaus ist durch eine Umrechnung der ermittelten Viertelfahrzeugmassen über die Fahrzeuggeometriedaten möglich.

[0008] Ein besonderer Vorteil des hiermit vorgeschlagenen Masse-Bestimmungsverfahrens ist es, dass bei der Modellierung der Vertikaldynamik individuell eingebrachte Stellgrößen von aktiven und/oder semiaktiven vertikaldynamischen Fahrwerkregelsystemen und/oder von weiteren Regelsystemen (bspw. Bremsregelsysteme im Sinne einer vorherschauenden Betrachtungsweise) berücksichtigt werden können. (Aktive bzw. semiaktive Fahrwerkregelsystemen sind dem Fachmann bekannt; hierbei kann es sich bspw. um hinsichtlich ihrer Dämpfungscharakteristik einstellbare Dämpfer oder um hydraulische Stellkolben zwischen einem Radführungsglied und dem Fzg.-Aufbau handeln). Ferner können weitere Störgrößen wie z.B. Offsets auf den Sensorsignalen oder die Straßenanregung im Beobachter über eine Störgrößenmodellierung berücksichtigt werden. Dabei kann je nach Modellierungstiefe des Vertikaldynamikmodells dieses linearer oder nichtlinearer Natur sein.

[0009] In dem im weiteren detaillierter vorgestellten Verfahren wird der allgemeinere Fall der nichtlinearen Modellgleichungen betrachtet, aus dem der lineare Fall leicht abgeleitet werden kann.

[0010] Die Modellgleichungen werden mit den Stellgrößen u und den vertikaldynamischen Zustandsgrößen x in abkürzender Schreibweise mit den nichtlinearen oder linearen Systemgleichungen f und den nichtlinearen oder linearen Messgleichungen h wie folgt dargestellt:

$$\dot{x} = f(x, u)$$

$$y = h(x, u)$$

[0011] Als Messgrößen y werden bei dem entwickelten Verfahren Aufbaubeschleunigungen und/oder Federwege und/oder Radbeschleunigungen und/oder Aufbaudrehraten verwendet.

[0012] Die Grundlage des vorgestellten Verfahrens zur Schätzung der Aufbaumasse und/oder der ungefederten Massen und/oder der Massenträgheiten bildet die Erweiterung der vertikaldynamischen Modellgleichungen um eine Modellierung der/des zu schätzenden Parameter(s). Für jeden zu bestimmenden Parameter z wird hierzu ein Störmodell beliebiger Ordnung mit den Störzuständen x_s angesetzt. Dies entspricht dem Stand der Technik bei der Bestimmung von unbekanntem Parametern durch nichtlineare Zustandsbeobachter.

$$\dot{x}_s = A_s x_s$$

$$z = C_s x_s$$

[0013] Unter Berücksichtigung der Abhängigkeit der Modellgleichungen von den zu schätzenden Parametern kann das erweiterte Streckenmodell in abkürzender Schreibweise wie folgt dargestellt werden:

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{x}_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f(x, x_s, u) \\ f(x_s) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h(x, x_s, u) \\ h(x_s) \end{bmatrix}$$

[0014] Der Beobachter wird durch die Rückführung der Residuen $r = y - \hat{y}$ (d.h. über die Abweichung zwischen gemessenen und geschätzten Sensorwerten) über die Rückführverstärkungen L auf die Modellgleichungen komplettiert. Die Beobachtergleichungen ergeben sich mit dieser Rückführung zu:

$$\begin{bmatrix} \dot{\hat{x}} \\ \dot{\hat{x}}_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f(\hat{x}, \hat{x}_s, u) \\ f(\hat{x}_s) \end{bmatrix} + Lr$$

$$\begin{bmatrix} \hat{y} \\ \hat{z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h(\hat{x}, \hat{x}_s, u) \\ h(\hat{x}_s) \end{bmatrix}$$

(wobei das Zeichen „^“ wie bei allen Beobachteransätzen üblich für geschätzte Größen steht).

[0015] Die Bestimmung der Rückführverstärkungen kann bei dem vorgeschlagenen Verfahren durch unterschiedliche Ansätze durchgeführt werden. Da es sich bei den erweiterten Systemgleichungen aufgrund der Ab-

hängigkeit der vertikaldynamischen Zustandsgrößen von den Massenparametern um nichtlineare Gleichungen handelt, wird vorgeschlagen, einen nichtlinearen Ansatz wie z.B. den Extended Kalman Filter oder Unscented Kalman Filter zur Bestimmung der Rückführverstärkungen zu verwenden.

Ausführungsbeispiel

[0016] Als konkreteres Anwendungsbeispiel wird im weiteren die Bestimmung der Aufbaumasse eines sog. Viertel-Fahrzeugs mit semiaktiver Verstell-Dämpferregelung beschrieben. Das zugehörige Viertel-Fahrzeug-Modell ist in der beigefügten einzigen Figur dargestellt, aus der gleichzeitig die einzelnen Kenngrößen klar ersichtlich werden.

[0017] Dabei ist mit dem Buchstaben „z“ eine Wegstrecke in Vertikalrichtung bezeichnet, wobei jedoch jeweils ein Index hinzugefügt ist, und zwar der Index S für die Straße bzw. Fahrbahn ($\Rightarrow z_S$), der Index R für das Rad ($\Rightarrow z_R$), und der Index A für den Fahrzeug-Aufbau ($\Rightarrow z_A$). An späterer Stelle werden noch die zeitlichen Ableitungen dieser Größen benötigt, die wie üblich durch bspw. \dot{z}_A für die erste Ableitung (d/dt) und durch bspw. \ddot{z}_A für die zweite Ableitung (d^2/dt^2) dargestellt werden. Dabei darf dieser stets mit einem Index (S bzw. R bzw. A) versehene Buchstabe z nicht mit dem hier ohne Index verwendeten Buchstaben z verwechselt werden, der – wie in der Regelungstechnik üblich – für den zu schätzenden Parameter steht. Wenn also in der vorliegenden Beschreibung der Buchstabe z ohne Index verwendet wird, so stellt dieser den zu schätzenden Parameter dar.

[0018] In der Figur sowie im weiteren ist mit m_A die Masse des Fahrzeug-Aufbaus und mit m_R die Masse des Rades bezeichnet. Mit F_C sind Federkräfte bezeichnet, und zwar mit dem weiteren Index A diejenige zwischen dem Rad und dem Fzg.-Aufbau, und mit dem weiteren Index R diejenige des selbst Federungseigenschaften aufweisenden Rades. Analog sind die jeweiligen Dämpfkräfte F_k weiter indiziert, wobei die Dämpfkraft $F_{k,A}$ des zwischen dem Rad und dem Fzg.-Aufbau befindlichen Dämpfers von der Relativgeschwindigkeit u zwischen dem Aufbau und dem jeweiligen Rade abhängig ist.

[0019] Aus diesem Viertel-Fahrzeugmodell ergeben sich somit durch Ansetzen der Schnittkräfte und Aufstellung der Kräftegleichgewichte die vertikaldynamischen Modellgleichungen des Viertelfahrzeugs somit zu:

$$m_A \ddot{z}_A = -F_{k_A}(\dot{z}_A - \dot{z}_R, u) - F_{c_A}(z_A - z_R)$$

$$m_R \ddot{z}_R = F_{k_A}(\dot{z}_A - \dot{z}_R, u) + F_{c_A}(z_A - z_R) - F_{k_R}(\dot{z}_R - \dot{z}_S) - F_{c_R}(z_R - z_S)$$

[0020] Die Aufbaumasse wird über eine Fahrt als konstant angenommen: $\dot{m}_A = 0$.

[0021] Die erweiterten Modellgleichungen ergeben sich hiermit zu

$$\ddot{z}_A = \frac{(-F_{k_A}(\dot{z}_A - \dot{z}_R, u) - F_{c_A}(z_A - z_R))}{m_A}$$

$$\ddot{z}_R = \frac{(F_{k_A}(\dot{z}_A - \dot{z}_R, u) + F_{c_A}(z_A - z_R) - F_{k_R}(\dot{z}_R - \dot{z}_S) - F_{c_R}(z_R - z_S))}{m_R}$$

$$\dot{m}_A = 0$$

[0022] Als Messgrößen stehen dem Beobachter die Aufbaubeschleunigung \ddot{z}_A und die Radbeschleunigung \ddot{z}_R zur Verfügung.

[0023] Mit dem Zustandsgrößenvektor $x = [z_A \dot{z}_A z_R \dot{z}_R]^T$, der Dämpferstellgröße u , dem Störzustand $x_S = [m_A]$, den Messgrößen $y = [\ddot{z}_A \ddot{z}_R]^T$ und dem zu schätzenden Parameter $z = [m_A]$ können die Modellgleichungen des Viertelfahrzeugs auf die folgende Form gebracht werden:

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{x}_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f(x, x_s, u) \\ f(x_s) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h(x, x_s, u) \\ h(x_s) \end{bmatrix}$$

[0024] Auf diese Systemgleichungen wird der Extended Kalman Filter Algorithmus, der z.B. aus [Welch, G.; Bishop, G.: An Introduction to the Kalman Filter, SIGGRAPH 2001. Course 8, 2001] oder [Gelb, A.; Applied Optimal Estimation, MIT Press, 1994] oder aus [Maybeck, P.S.; Stochastic Models, Estimation and Control, Volume 1, Academic Press, Inc., New York, 1997] bekannt ist, angewendet. Dieser liefert in jedem Iterationsschritt eine neue Rückführverstärkung L für den Zustandsbeobachter

$$\begin{bmatrix} \dot{\hat{x}} \\ \dot{\hat{x}}_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f(\hat{x}, \hat{x}_s, u) \\ f(\hat{x}_s) \end{bmatrix} + Lr$$

$$\begin{bmatrix} \hat{y} \\ \hat{z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h(\hat{x}, \hat{x}_s, u) \\ h(\hat{x}_s) \end{bmatrix}$$

[0025] Im Fahrzeug wird für jede Fahrzeugecke bzw. für den Bereich jeden Rades (vorne links = VL, vorne rechts = VR, hinten links = HL, hinten rechts = HR) einer dieser Beobachter umgesetzt. Die geschätzte Gesamtmasse des Fahrzeugs kann anschließend über Summation der anteiligen Viertelfahrzeugmassen berechnet werden:

$$m_{\text{gesamt}} = \hat{z}_{\text{VL}} + \hat{z}_{\text{VR}} + \hat{z}_{\text{HL}} + \hat{z}_{\text{HR}},$$

wobei hier – abweichend von den Ausführungen weiter oben – der Buchstabe z trotz Verwendung eines Index (nämlich VL, VR, HL, HR) für den zu schätzenden Parameter, nämlich die Aufbau-Masse m_A steht. Man kann also auch wie folgt schreiben:

$$\text{gesamt} = m_{A,\text{VL}} + m_{A,\text{VR}} + m_{A,\text{HL}} + m_{A,\text{HR}}$$

[0026] Im Sinne einer vorteilhaften Weiterbildung können darüber hinaus im Beobachteransatz Anregungen des Fahrzeug-Aufbaus durch Beschleunigungsvorgänge und/oder Bremsvorgänge und/oder Lenkmanöver am Fahrzeug bspw. über eine Modellierung der Längsdynamik und/oder der Querdynamik über ein physikalisches Modell, insbesondere ein Einspur- oder Zweispurmodell, berücksichtigt werden. Alternativ ist auch eine Berücksichtigung über die tatsächlich gemessene(n) Längsbeschleunigung(en) und/oder Querbearbeitung(en) möglich.

[0027] Vorgeschlagen wird weiterhin ein Verfahren zur Ansteuerung eines semiaktiven oder aktiven Fahrwerkregelsystems eines Fahrzeugs, dessen Masse oder Masse-Anteil nach dem Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche bestimmt wird, wobei bei der Ansteuerung die dynamische Radlast berücksichtigt wird, die aus dem Kräftegleichgewicht zwischen der auf den Fzg.-Aufbau wirkenden Kraft und der auf das Rad wirkenden Kraft unter Berücksichtigung der jeweiligen Massen ermittelt wird. Für die Regelung eines semiaktiven Fahrwerkregelsystems kann es nämlich (insbesondere abhängig vom gewählten Regelungsansatz) vorteilhaft sein, die aktuelle dynamische Radlast zu berücksichtigen, um hohe Schwankungen dieses Werts zu unterbinden.

[0028] Eine aus der physikalischen Modellierung bekannte Möglichkeit, die dynamische Radlast, welche der dynamischen Aufstandskraft $F_{z,\text{dyn}}$ (vgl. Abbildung) entspricht, zu ermitteln, basiert auf dem Kräftegleichgewicht der auf den Aufbau wirkenden Kraft $m_A \ddot{z}_A$, der auf das Rad wirkenden Kraft $m_R \ddot{z}_R$ und der dynamischen Aufstandskraft $F_{z,\text{dyn}}$, die über den Reifen auf die Fahrbahn wirkt:

$$F_{z,\text{dyn}} = m_A \ddot{z}_A + m_R \ddot{z}_R$$

[0029] Aus obiger Gleichung ist ersichtlich, dass die dynamische Radlast bei bekannter Aufbau- und Radbeschleunigung ermittelt werden kann, wenn die anteilige Aufbaumasse m_A des Viertelfahrzeugs und die ungefederte Masse m_R bekannt sind. Diese zu ermitteln ist über das vorgeschlagene Verfahren möglich. Da es bei dem vorgeschlagenen Verfahren zudem möglich ist, neben der Bestimmung der Massen auch eine nicht gemessene Radbeschleunigung und oder Aufbaubeschleunigung zu ermitteln, kann über obigen Ansatz zur Bestimmung der dynamischen Radlast neben mindestens einer der eingehenden Massen auch mindestens eine der eingehenden Beschleunigungen über das vorgeschlagene Verfahren ermittelt werden.

[0030] Mit dem vorgeschlagenen Verfahren ist es (zusammenfassend) also möglich, ohne zusätzlicher, über den Umfang bei üblichen Serienfahrzeugen hinausgehender Sensorik (insbesondere an aktiven oder semiaktiven Fahrwerkregelsystemen) die Masse des Fahrzeugs bzw. Fahrzeug-Aufbaus bzw. sogar radindividuellen

Abschnitten hiervon zu bestimmen. Weiterhin können auch die Massenträgheiten um die Längsachse und/oder die Querachse des Fahrzeugaufbaus sowie die ungefederten Massen bestimmt werden. Dabei kann die Berechnung der Aufbaumasse und/oder der ungefederten Massen auf mehrere elektronische Steuergeräte aufgeteilt werden, indem für die jeweiligen Fahrzeugecken ein Viertelfahrzeugbeobachter umgesetzt wird. Somit ist es möglich, bei der Ermittlung der Aufbaumasse über mehrere Viertelfahrzeugbeobachter die Massenverteilung im Fahrzeug zu bestimmen, 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.

m_A	Masse des Fahrzeug-Aufbaus
m_R	ungefederte Masse
Z_A	Weg bzw. inertielle Position des Aufbaus in Vertikalrichtung
Z_R	Weg/inertielle Position der ungefederten Masse in Vertikalrichtung
Z_S	Weg/inertielle Position der Fahrbahn in Vertikalrichtung
F_{kA}	Dämpfungskraft zwischen Fzg.-Aufbau und ungefederter Masse
F_{cA}	Federkraft zwischen Fzg.-Aufbau und ungefederter Masse
F_{kR}	Dämpfungskraft zwischen ungefederter Masse und Fahrbahn
F_{cR}	Federkraft zwischen ungefederter Masse und Fahrbahn
$F_{z,dyn}$	dynamische Radlast bzw. Aufstandskraft

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Masse eines Fahrzeugs oder eines radindividuellen Massenanteils eines Fahrzeugs mit einer Vertikalbewegungen zwischen dem Fahrzeug-Aufbau und den Fahrzeug-Rädern ermöglichenden Radaufhängung, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Massen-Schätzung mittels eines auf der Vertikaldynamik des Fahrzeugs basierenden Zustandsbeobachters durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Masse des Fahrzeug-Aufbaus und/oder diejenige der sog. ungefederten Massen und/oder die Massen-Trägheit des Aufbaus um die Fzg.-Längsachse und/oder um die Fzg.-Querachse mittels eines vorzugsweise nichtlinearen Zustandsbeobachters, der die Vertikaldynamik des Fahrzeugs auswertet, bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Basis des Zustandsbeobachters durch ein mathematisches Modell der Vertikaldynamik des Gesamt-Fahrzeugs gebildet ist und als Messgrößen im Modellansatz die Aufbaubeschleunigungen und/oder Federwege und/oder Radbeschleunigungen und/oder Aufbaudrehraten berücksichtigt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem zweispurigen zweiachsigen Fahrzeug die Basis des Zustandsbeobachters durch ein mathematisches Modell der Vertikaldynamik eines Viertel-Fahrzeugs mit nur einem Rad gebildet ist und als Messgrößen im Modellansatz die Aufbaubeschleunigung und/oder ein Federweg und/oder die Radbeschleunigungen und/oder die aus der Aufbaudrehrate abgeleitete Aufbaugeschwindigkeit berücksichtigt wird/werden.

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass neben den Messgrößen und vertikaldynamischen Zustandsgrößen auch Stellgrößen für semiaktive oder aktive Fahrwerk-Regelssysteme berücksichtigt werden.

6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anregungen des Aufbaus durch Beschleunigungs- und/oder Bremsvorgänge und/oder Lenkmanöver am Fahrzeug über eine Modellierung der Längsdynamik und/oder der Querdynamik über ein physikalisches Modell, insbesondere ein Einspur- oder Zweispurmodell, berücksichtigt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, dass die Anregungen des Aufbaus durch Beschleunigungs- und/oder Bremsvorgänge und/oder Lenkmanöver über eine Modellierung der Längsdynamik und/oder der Querdynamik über die gemessene Längsbeschleunigung/en und/oder Querbeschleunigungen berücksichtigt werden.

8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass weitere Störgrößen wie z.B. Offsets auf den Sensorsignalen oder die Straßenanregung im Beobachter über eine Störgrößenmodellierung berücksichtigt werden.

9. Verfahren zur Ansteuerung eines semiaktiven oder aktiven Fahrwerkregelsystems eines Fahrzeugs, dessen Masse oder Masse-Anteil nach dem Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche bestimmt wird, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Ansteuerung die dynamische Radlast berücksichtigt wird, die aus dem Kräftegleichgewicht zwischen der auf den Fzg.-Aufbau wirkenden Kraft und der auf das Rad wirkenden Kraft unter Berücksichtigung der jeweiligen Massen ermittelt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass auch die Beschleunigung des Fzg.-Aufbaus und/oder Fzg.-Rades über das in den Ansprüchen 1-8 beschriebene Beobachter-Modell bestimmt wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

