



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 14 998 A1** 2004.06.03

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 14 998.8**

(22) Anmeldetag: **02.04.2003**

(43) Offenlegungstag: **03.06.2004**

(51) Int Cl.7: **G01C 19/56**  
**G01P 9/04**

(66) Innere Priorität:  
**102 54 299.6**      **21.11.2002**

(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Streit, Andreas, 71701 Schwieberdingen, DE;**  
**Braeuer, Toni, 71636 Ludwigsburg, DE**

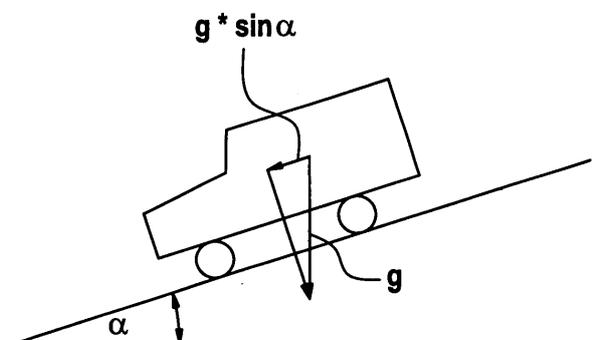
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung des Offsetwertes eines Längsbeschleunigungssensors**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung des Offsetwertes eines Längsbeschleunigungssensors, bei dem

- im Fahrzeugstillstand aus dem Ausgangssignal des Längsbeschleunigungssensors eine erste die Fahrbahnneigung repräsentierende Neigungsgröße ermittelt wird,
- während einer auf den Fahrzeugstillstand folgenden Fahrzeugbewegung eine zweite die Fahrbahnneigung repräsentierende Neigungsgröße ermittelt wird und
- aus den die Fahrbahnneigung repräsentierenden ersten und zweiten Neigungsgrößen der Offsetwert der die Fahrbahnneigung repräsentierenden ersten Neigungsgröße ermittelt wird.

Die Erfindung umfasst weiterhin die dazugehörige Vorrichtung.



**Beschreibung**

## Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung des Offsetwerts eines Längsbeschleunigungssensors.

[0002] Aus der DE 100 41 444 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung von Radbremzen eines Fahrzeugs bekannt. Dabei werden in wenigstens einem Betriebszustand Bremskraft an wenigstens einem Rad des Fahrzeugs unabhängig vom Maß der Pedalbetätigung gehalten und/oder aufgebaut. Ein solcher Betriebszustand liegt dabei dann vor, wenn die Fahrbahnsteigung in Richtung der zukünftigen Fahrtrichtung des Fahrzeugs zeigt und/oder wenn die Feststellbremse betätigt ist. Diese Funktionalität ist auch unter dem Begriff des „Hillholders“ bekannt und beinhaltet einen Neigungssensor, aus welchem die Steigung der Fahrbahn und deren Richtung abgeleitet wird.

[0003] Maßnahmen zur Überwachung des Neigungssensors und insbesondere der Bestimmung von dessen Offsetwert sind der DE 100 41 444 A1 nicht zu entnehmen.

## Vorteile der Erfindung

[0004] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung des Offsetwertes eines in einem Fahrzeug einbaubaren Längsbeschleunigungssensors, bei dem

- im Fahrzeugstillstand aus dem Ausgangssignal des Längsbeschleunigungssensors eine erste die Fahrbahnneigung repräsentierende Neigungsgröße ermittelt wird,
- während einer auf den Fahrzeugstillstand folgenden Fahrzeugbewegung eine zweite die Fahrbahnneigung repräsentierende Neigungsgröße ermittelt wird und
- aus den die Fahrbahnneigung repräsentierenden ersten und zweiten Neigungsgrößen der Offsetwert der die Fahrbahnneigung repräsentierenden ersten Neigungsgröße ermittelt wird.

[0005] Die Kenntnis des Offsetwertes des Längsbeschleunigungssensors bzw. Neigungssensors erlaubt vorteilhafterweise einen Abgleich des Sensors (d.h. die Korrektur von dessen Ausgangssignalen). Durch den Sensorabgleich ist es möglich, einen preisgünstigeren (dafür jedoch mit einer höheren Toleranz versehenen) Längsbeschleunigungssensor zu verwenden.

[0006] Beim Offsetwert des Neigungssensors bzw. Längsbeschleunigungssensors handelt es sich um denjenigen Wert des Sensors, welcher durch dessen Ausgangssignal repräsentiert wird, wenn sich das Fahrzeug (und damit der Sensor) in einer horizontalen Position (ebene Fahrbahn) sowie in einem beschleunigungslosen Zustand befinden. Idealerweise

ist dieser Wert identisch mit Null, da weder eine Längsneigung der Fahrbahn noch eine Beschleunigung vorhanden sind. Infolge von Bauteiltoleranzen und weiteren Einflüssen ist dieser Wert jedoch von Null verschieden. Diese Verschiebung gegenüber Null wird als Offsetwert bezeichnet. Die Begriffe „Neigungssensor“ und „Längsbeschleunigungssensor“ werden in der vorliegenden Beschreibung und in den Ansprüchen synonym verwendet, d.h. es handelt sich um denselben Sensor, welcher sowohl eine Längsbeschleunigung als auch eine Längsneigung der Fahrbahn detektiert. Dies hängt damit zusammen, dass im Beschleunigungsfall die Trägheitskraft auf den Sensor wirkt und im Falle einer geneigten Fahrbahn eine Komponente der Erdanziehungskraft auf den Sensor wirkt, welche nicht unterschieden werden können.

[0007] Eine vorteilhafte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung der zweiten Neigungsgröße zeitlich so eng nach der Ermittlung der ersten Neigungsgröße folgt, dass sich der Neigungswinkel der Fahrbahn an den Fahrzeugpositionen, an welchen die erste und zweite Neigungsgröße ermittelt werden, nicht oder nur unwesentlich unterscheidet.

[0008] Das bedeutet, dass die zurückgelegte Wegstrecke des Fahrzeugs zwischen der Ermittlung der beiden Neigungsgrößen so gering ist, dass sich der Neigungswinkel der Fahrbahn an der jeweiligen Fahrzeugposition nicht oder nur vernachlässigbar geringfügig geändert hat.

[0009] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Neigungsgröße während eines Anrollvorgangs des Fahrzeugs ermittelt wird, bei dem am Fahrzeug seit dem Stillstand keine bremsbedingten Verzögerungsvorgänge und keine motorbedingten Beschleunigungsvorgänge stattgefunden haben. Dadurch werden die Ermittlung des Offsetwerts verfälschende Einflüsse unterdrückt.

[0010] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Neigungsgröße unabhängig vom Ausgangssignal des Längsbeschleunigungssensors ermittelt wird. Damit geht der zu ermittelnde Offsetwert des Längsbeschleunigungssensors nicht in die zweite Neigungsgröße ein.

[0011] Eine vorteilhafte Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine ermittelte Raddrehzahl in die Ermittlung der zweiten Neigungsgröße eingeht. Raddrehzahlsensoren sind in modernen Fahrzeugen serienmäßig enthalten. Deshalb ist bei dieser Ausgestaltung kein zusätzlicher Aufwand notwendig.

[0012] Eine vorteilhafte Ausführungsform davon ist dadurch gekennzeichnet, dass

- aus der wenigstens einen ermittelten Raddrehzahl die Fahrzeuglängsbeschleunigung ermittelt wird und
- die Fahrzeuglängsbeschleunigung in die Ermittlung der zweiten Neigungsgröße eingeht.

[0013] Auch diese Ausgestaltung bietet den Vorteil eines minimalen Aufwands bei der Realisierung.

[0014] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass sich der Offsetwert der die Fahrbahnneigung repräsentierenden ersten Neigungsgröße aus der Differenz der zweiten Neigungsgröße und der ersten Neigungsgröße ergibt.

[0015] Eine vorteilhafte Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass in die Ermittlung der ersten Neigungsgröße ausschließlich das Ausgangssignal des Längsbeschleunigungssensors eingeht. Damit ist die erste Längsbeschleunigungsgröße auf eine besonders einfache Art und Weise ermittelbar.

[0016] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Neigungsgröße durch Auswertung des Ausgangssignals des Längsbeschleunigungssensors ermittelt wird. Damit kann der Offsetwert ohne Verwendung weiterer Sensoren ermittelt werden.

[0017] Eine vorteilhafte Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass

- das Ausgangssignal des Längsbeschleunigungssensors durch einen Tiefpass gefiltert wird und
- die zweite Neigungsgröße wenigstens durch Auswertung des tiefpassgefilterten Ausgangssignals ermittelt wird.

[0018] Dadurch werden hochfrequente Störeinflüsse unterdrückt.

[0019] Eine vorteilhafte Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Neigungsgröße durch Auswertung der Änderung des tiefpassgefilterten Ausgangssignals pro Zeiteinheit ermittelt wird.

[0020] Eine vorteilhafte Ausgestaltung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Änderung des tiefpassgefilterten Ausgangssignals pro Zeiteinheit gleich zu Beginn des Bewegungsvorgangs der Fahrzeugs ermittelt wird. Dadurch wird eine besonders genaue Ermittlung des Offsetwertes ermöglicht, da von der Fahrzeugbewegung herrührend Einflüsse auf das Sensorausgangssignal noch keine nennenswerte Höhe erreicht haben.

[0021] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Ermittlung des Offsetwertes eines in einem Fahrzeug einbaubaren Längsbeschleunigungssensors enthält

- erste Ermittlungsmittel, in denen im Fahrzeugstillstand aus dem Ausgangssignal des Längsbeschleunigungssensors eine erste die Fahrbahnneigung repräsentierende Neigungsgröße ermittelt wird,
- zweite Ermittlungsmittel, in denen während einer auf den Fahrzeugstillstand folgenden Fahrzeugbewegung eine zweite die Fahrbahnneigung repräsentierende Neigungsgröße ( $a_2$ ) ermittelt wird und
- dritte Ermittlungsmittel, in denen aus den die Fahrbahnneigung repräsentierenden ersten und zweiten Neigungsgrößen ( $a_1$ ,  $a_2$ ) der Offsetwert der die Fahrbahnneigung repräsentierenden ers-

ten Neigungsgröße (offset) ermittelt wird.

#### Zeichnung

[0022] Die Zeichnung besteht aus den **Fig. 1** bis **6**.

[0023] **Fig. 1** zeigt die in Fahrzeuginnenrichtung wirkende Komponente der Erdbeschleunigung bei einer in Längsrichtung geneigten Fahrbahn.

[0024] **Fig. 2** zeigt die auf das anrollende Fahrzeug wirkenden Kräfte.

[0025] **Fig. 3** zeigt in einem Ausführungsbeispiel den Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0026] **Fig. 4** zeigt in einem Ausführungsbeispiel den Aufbau des erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0027] **Fig. 5** zeigt in schematischer Form die Signalverläufe bei einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0028] **Fig. 6** zeigt in einem zweiten Ausführungsbeispiel den Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens.

#### Ausführungsbeispiele

[0029] In Kraftfahrzeugen werden Längsbeschleunigungssensoren beispielsweise zur Ermittlung der Längsneigung der Fahrbahn eingesetzt. Befindet sich das Fahrzeug auf einer in Fahrzeuginnenrichtung um den Winkel  $\alpha$  geneigten Fahrbahn, dann wirkt in die Fahrzeuginnenrichtung die Komponente  $g \cdot \sin \alpha$  der Erdbeschleunigung  $g$  (siehe **Fig. 1**). Diese Komponente wird von einem im Fahrzeug befindlichen Längsbeschleunigungssensor erfasst und aus dessen Ausgangssignal kann deshalb auf den Neigungswinkel  $\alpha$  der Fahrbahn geschlossen werden.

[0030] Das Ausgangssignal des Längsbeschleunigungssensors weist jedoch häufig eine Offset-Toleranz aus. Das bedeutet, dass auf einer ebenen Fahrbahn ( $\alpha = 0$ ) für ein ruhendes Fahrzeug fälschlicherweise eine von Null verschiedene Komponente  $g \cdot \sin \alpha$  ermittelt wird. Diese Toleranz (d.h. dieser Offsetwert des Längsbeschleunigungssignals) kann beispielsweise durch die Alterung des Sensors oder durch Temperatureffekte hervorgerufen sein.

[0031] Die Erfindung vergleicht eine über Fahrzeugsignale (insbesondere der Radgeschwindigkeitssensoren) berechneten Wert  $g \cdot \sin(\alpha)$  mit einer bei Fahrzeugstillstand zu Beginn der Bewegung durch den Längsbeschleunigungssensor ermittelten und gespeicherten Komponente  $g \cdot \sin(\alpha)$ . Dadurch wird ein Abgleich des Sensors ermöglicht. Durch den Sensorabgleich ist es möglich, einen preisgünstigeren (dafür jedoch mit einer höheren Toleranz versehenen) Längsbeschleunigungssensor zu verwenden.

[0032] Im folgenden wird die Erfindung detailliert beschrieben:

#### Ausgangszustand:

[0033] Das Fahrzeug befindet sich im Stillstand (z.B. geparkter Zustand) an einem in Fahrzeuginnen-

richtung geneigten Hang.

Schritt 1:

[0034] Mit dem im Fahrzeug vorhandenen Längsbeschleunigungssensor wird die Komponente  $a_1 = g \cdot \sin \alpha$  der Erdbeschleunigung  $g$  (und damit der Neigungswinkel  $\alpha$ ) ermittelt und gespeichert.

Anrollzustand 2:

[0035] Als nächster Zustand wird ein auf den Stillstand folgender Anrollvorgang betrachtet. Dieser Anrollvorgang muss ohne Eingriffe am Fahrzeug, welche zur Beschleunigung oder Verzögerung führen (z.B. Bremsen, Gas geben, ...) erfolgen.

Schritt 2:

[0036] Es wird der Neigungswinkel  $\alpha$  der Fahrbahn in Fahrzeuginnenrichtung ermittelt. Während des Anrollvorgangs wirken auf das Fahrzeug die folgenden relevanten Kräfte:

- die Reibungskraft  $F_R$  und
- die Hangabtriebskraft  $F_H = m \cdot g \cdot \sin \alpha$

[0037] Die Newtonsche Bewegungsgleichung ergibt mit diesen Kräften die folgende Beschleunigung  $a$  für das Fahrzeug:

$$m \cdot a = F_H - F_R.$$

[0038] Dabei ist  $m$  die Fahrzeugmasse, die Reibungskraft  $F_R$  ergibt sich zu

$$F_R = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha.$$

[0039] Dabei ist  $\mu$  die Rollreibung und  $m \cdot g \cdot \cos \alpha$  ist die vom Fahrzeug senkrecht auf die Fahrbahn wirkende Normalkraft.

[0040] Damit ergibt sich für die Bewegungsgleichung

$$m \cdot a = m \cdot g \cdot \sin \alpha - \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha.$$

[0041] Die Fahrzeugmasse  $m$  kürzt sich heraus und damit ergibt sich die auf das Fahrzeug beim Anrollvorgang einstellende Beschleunigung  $a$  zu

$$a = g \cdot (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha) = g \cdot (\sin \alpha - \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}).$$

[0042] Dabei kennzeichnet  $\sqrt{\quad}$  die Quadratwurzelfunktion und es wurde Gebrauch von der trigonometrischen Beziehung

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

gemacht.

[0043] Damit ergibt sich

$$\sin \alpha = [a + \mu \cdot g \cdot \sqrt{1 - (a^2/g^2) + \mu^2}]/[g \cdot (1 + \mu^2)] \quad (1)$$

wobei die Notation „ $g^2$ “ den Ausdruck  $g \cdot g$  kennzeichnet.

[0044] In Gleichung (1) ist  $g$  die Erdbeschleunigung ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ )  $\mu$  ist die Rollreibung.  $a$  ist die Fahrzeuginnenbeschleunigung, welche aus den Raddrehzahlen (z.B. durch zeitliche Differentiation) ermittelt werden kann.

[0045] Damit erlaubt Gleichung (1) die Berechnung des Neigungswinkels  $\alpha$  ohne Zuhilfenahme des Ausgangssignals des Längsbeschleunigungssensors.

Schritt 3:

[0046] Ausgehend vom ermittelten Neigungswinkel  $\alpha$  kann nun auch die Komponente  $g \cdot \sin \alpha$  der Erdbeschleunigung ermittelt werden:

$$a_2 = g \cdot \sin \alpha = [a + \mu \cdot g \cdot \sqrt{1 - a^2/g^2 + \mu^2}]/[1 + \mu^2]$$

[0047] Auch hier ist zu bemerken, dass die Größe  $g \cdot \sin(\alpha)$  ohne Zuhilfenahme des Ausgangssignals des Längsbeschleunigungssensors ermittelt wurde. Bei der Größe  $a_2$  handelt es sich um die Fahrzeuginnenbeschleunigung wirkende Komponente der Erdbeschleunigung.

Schritt 4:

[0048] Anschließend wird die in Schritt 3 ermittelte genauere Größe  $a_2$  mit der in Schritt 1 durch den Längsbeschleunigungssensor gemessenen und offset-behafteten Größe  $a_1$  verglichen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass

- genauere Größe  $a_2$  während des Anrollvorgangs ermittelt wurde und
- die „offset-behaftete“ Größe  $a_1$  während des Stillstands gemessen wurde.

[0049] Die Größe  $a_2$  wurde nicht unter Zuhilfenahme der Ausgangssignale des Längsbeschleunigungssensors ermittelt. Deshalb ist sie auch nicht mit dessen Offsetwert behaftet und kann als „genauere Größe“ bezeichnet werden.

[0050] Weiter ist noch vorauszusetzen, dass die Größe  $a_2$  so schnell zu Beginn des Anrollvorgangs ermittelt wird, dass sich der Neigungswinkel  $\alpha$  beim Anrollzustand nur sehr unwesentlich gegenüber dem Neigungswinkel beim Ausgangszustand verändert hat.

[0051] Der Offsetwert  $a_{\text{offset}}$  des Längsbeschleunigungssensors ergibt sich als Differenz  $a_{\text{offset}} = a_1 - a_2$

[0052] Der Ablauf einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in **Fig. 3** dargestellt. Der Start des Verfahrens erfolgt in Block **300**. Anschließend wird in Block **301** abgefragt, ob sich das Fahrzeug im Stillstand befindet, die Abfrage lautet  $v$

= 0?.  $v$  ist dabei die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit. Lautet die Antwort „Nein“ (in **Fig. 3** stets als „n“ gekennzeichnet), dann wird zu Block **300** zurückverzweigt. Lautet die Antwort dagegen „Ja“ (in **Fig. 3** stets als „y“ gekennzeichnet), dann wird anschließend in Block **302** das Ausgangssignal des Längsbeschleunigungssensors ausgewertet, daraus die erste Neigungsgröße  $a_1$  bestimmt und gespeichert. Dieser (offsetbehaftete) Wert stellt ein Maß für die Fahrbahnneigung dar. Anschließend wird in Block **303** abgefragt, ob ein Anfahrvorgang stattgefunden hat. Lautet die Antwort „n“, dann wird zum Eingang von Block **303** zurückverzweigt. Lautet die Antwort dagegen „y“, dann werden in Block **304** die Raddrehzahl-signale  $n_i$  ausgewertet und daraus wird (möglicherweise über eine dazwischenliegende Bestimmung der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit) in Block **305** der Neigungswinkel  $\alpha$  der Fahrbahn bzw. die damit eng verwandte Größe  $\sin(\alpha)$  bestimmt. Daraus (und den weiteren Größen Rollreibung und  $u$  und Erdbeschleunigung  $g$ ) wird in Block **306** die zweite Neigungsgröße  $a_2$  bestimmt. In Block **307** wird anschließend der Offsetwert des Neigungssensors  $offset = a_1 - a_2$  bestimmt. In Block **308** endet das Verfahren.

[0053] Der Aufbau einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist in **Fig. 4** dargestellt. Dabei enthält Block **400** den Längsbeschleunigungssensor, von dessen Ausgangssignal der Offsetwert ermittelt werden soll. Die Ausgangssignale von Block **400** werden an erste Ermittlungsmittel **401**, in denen im Fahrzeugstillstand aus dem Ausgangssignal des Längsbeschleunigungssensors eine erste die Fahrbahnneigung repräsentierende Neigungsgröße ermittelt wird, weitergegeben. Block **402** enthält wenigstens einen Raddrehzahlsensor. Die Ausgangssignale von Block **402** werden an zweite Ermittlungsmittel **403** in denen während einer auf den Fahrzeugstillstand folgenden Fahrzeugbewegung eine zweite die Fahrbahnneigung repräsentierende Neigungsgröße ermittelt wird, weitergegeben. Die Ausgangssignale der Blöcke **401** und **403** werden Block **404** zugeführt, welcher dritte Ermittlungsmittel enthält, in denen aus den die Fahrbahnneigung repräsentierenden ersten und zweiten Neigungsgrößen ( $a_1$ ,  $a_2$ ) der Offsetwert der die Fahrbahnneigung repräsentierenden ersten Neigungsgröße ermittelt wird. Dieser Offsetwert wird beispielsweise an ein Bremssteuergerät **405** weitergeleitet, welches unter anderem eine Hillholder-Funktionalität enthält. Das Bremssteuergerät **405** steuert wiederum Bremsaktuatoren **406** an.

[0054] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung ist im folgenden dargestellt: Dabei wird aus der zeitlichen Änderung des durch den Längsbeschleunigungssensor ermittelten Längsbeschleunigungssignals kurz nach dem Lösen der Bremse ermittelt, auf welcher Fahrbahnsteigung sich das Fahrzeug befindet.

[0055] Steht das Fahrzeug an einer Steigung und ist dabei die Bremse getreten und der Stillstand des

Fahrzeug detektiert, wird der mit dem Längsbeschleunigungssensor detektierte Wert des Längsbeschleunigung  $a_1$  gespeichert.

[0056] Wird die Bremse gelöst, dann wirkt auf das Fahrzeug die Hangabtriebskraft  $F_H$ . Die daraus resultierende Beschleunigungsänderung des Fahrzeug wird durch den Längsbeschleunigungssensor detektiert. Das Ausgangssignal während der Bewegung wird mit  $a$  bezeichnet. Das Ausgangssignal  $a$  des Längsbeschleunigungssensors wird nun mit einem Tiefpass gefiltert und man erhält das Ausgangssignal  $am$ . Das gefilterte Längsbeschleunigungssignal  $am$  beschreibt aufgrund der Filterkonstante bei einer Änderung eine exponentielle Funktion, die in kleinen Zeitbereichen als annähernd linear betrachtet werden kann. Die gleich zu Beginn der Fahrzeugbewegung ermittelte Änderung des Signals am pro Zeiteinheit (d.h.  $\Delta a_m / \Delta t$ ) ist proportional zur Komponente der Erdbeschleunigung in Richtung der Fahrzeuglängsachse, d.h. proportional zur Längsbeschleunigung.

[0057] Diese experimentell feststellbare Proportionalität kann man sich auch anschaulich durch Betrachtung der folgenden Schritte klar machen:

#### Schritt 1:

[0058] Es werden zwei unterschiedliche Ausgangszustände betrachtet. Im Ausgangszustand **1** befindet sich das Fahrzeug im Ruhezustand an einem in Längsrichtung stark geneigten Hang, im Ausgangszustand **2** befindet sich das Fahrzeug im Ruhezustand an einem in Längsrichtung schwach geneigten Hang.

#### Schritt 2:

[0059] Das Ausgangssignal des Längsbeschleunigungssensors ist beim ruhenden Fahrzeug ein (allerdings mit einem Offsetwert behaftetes) Maß für die Neigung der Fahrbahn in Fahrzeuglängsrichtung. Im Ausgangszustand **1** (steiler Hang) liefert deshalb der Längsbeschleunigungssensor ein großes bzw. ein eine große Steigung repräsentierendes Ausgangssignal, im Ausgangszustand **2** (flacher Hang) liefert deshalb der Längsbeschleunigungssensor ein kleines bzw. ein eine kleine Steigung repräsentierendes Ausgangssignal

#### Schritt 3:

[0060] Nach dem Losrollen des Fahrzeugs zeigt der Längsbeschleunigungssensor kein bzw. ein eine Steigung von Null Grad (d.h. ebene Fahrbahn) repräsentierendes Ausgangssignal an. Der physikalische Grund besteht darin, dass das im Ruhezustand gemessene Signal nun durch das durch die erfolgte Fahrzeugbeschleunigung zusätzlich erzeugte Signal kompensiert wird (die im Ruhezustand auf den Sensor bzw. das Fahrzeug wirkende Hangabtriebskraft wird nun durch die neu hinzugekommene Trägheits-

kraft kompensiert).

[0061] Diese Änderung des Ausgangssignal erfolgt nicht schlagartig, sondern in einem sensorabhängigen Zeitintervall (Einschwingintervall).

#### Schritt 4:

[0062] Beim Losrollen des Fahrzeugs aus dem Ausgangszustand **1** ändert sich der Wert des Ausgangssignals innerhalb des Einschwingintervalls stark (von einem großen Wert auf Null), beim Losrollen des Fahrzeugs aus dem Ausgangszustand **2** ändert sich der Wert des Ausgangssignals innerhalb des Einschwingintervalls lediglich schwach (von einem kleinen Wert auf Null), d.h. die Steilheit der Änderung des Ausgangssignals des Sensors, d.h. dessen Änderung pro Zeiteinheit, ist ein direktes Maß für die Steilheit des Hanges bzw. für die Komponente der Erdbeschleunigung in Richtung der Fahrzeuglängsachse.

#### Schritt 5:

[0063] Die in Schritt 4 ermittelte Komponente der Erdbeschleunigung in Richtung der Fahrzeuglängsachse weist keinen Offsetwert auf, da dieser konstant ist und daher seine zeitliche Ableitung beim mathematischen Vorgang der Differentiation, d.h. bei der Berechnung der Größe (Änderung des Ausgangssignals  $\Delta a_m$ )/(Zeiteinheit  $\Delta t$ ) verschwindet.

[0064] Die Ausgangssignale bzgl. des Bremsdrucks  $P_{vor}$  sowie des gefilterten Ausgangssignals  $a_m$  sind in **Fig. 5** dargestellt. Dabei zeigt das obere Diagramm in Ordinateurichtung den Bremsdruck  $P_{vor}$ , welcher beispielsweise am Ausgang des Hauptbremszylinders anliegt, und das untere Diagramm zeigt in Ordinateurichtung das gefilterte Ausgangssignal  $a_m$ .

[0065] In Abszissenrichtung ist jeweils die Zeit  $t$  aufgetragen. Zur Zeit  $t_1$  wird die Bremse losgelassen. Der Bremsdruck  $P_{vor}$  sinkt auf den für den ungebremsten Zustand charakteristischen Wert. Zugleich sinkt (allerdings wesentlich langsamer) der Wert des gefilterten Ausgangssignals  $a_m$ . Durch die Ermittlung der Größe  $\Delta a_m/\Delta t$ , welche unabhängig vom Offsetwert ist, kann nun die auf das Fahrzeug in Fahrzeuglängsrichtung wirkende Komponente der Erdbeschleunigung erfasst werden. Dies erfolgt durch Multiplikation der ermittelten Größe  $\Delta a_m/\Delta t$  mit einer Proportionalitätskonstanten, welche sensorabhängig ist.

[0066] Dabei ist es wichtig, die Größe  $\Delta a_m/\Delta t$  gleich zu Beginn der Fahrzeugbewegung zu ermitteln. Die dadurch ermittelte auf das Fahrzeug in Fahrzeuglängsrichtung wirkende Komponente der Erdbeschleunigung wird mit  $a_2$  bezeichnet.

[0067] Nach Durchführung der Messung wird der ermittelte Wert der Längsbeschleunigung bzw. der auf das Fahrzeug in Fahrzeuglängsrichtung wirkenden Komponente der Erdbeschleunigung mit dem zuvor (während des Stillstands) ermittelten und gespeicherten Wert  $a_1$  verglichen und daraus der Offsetwert des Neigungssensors  $a_{offset} = a_1 - a_2$  be-

stimmt.

[0068] Der Ablauf des dieser Ausführungsform zugehörigen erfindungsgemäßen Verfahrens ist in **Fig. 6** dargestellt, wobei **Fig. 6** auf **Fig. 3** aufbaut.

[0069] Block **600** enthält die Blöcke **300** bis **303** von **Fig. 3**. Anschließend wird in Block **604** gleich zu Beginn des Anrollvorgangs das Ausgangssignal  $a$  des Längsbeschleunigungssensors ermittelt. Danach wird in Block **605** durch eine Tiefpassfilterung von  $a$  das Signal  $a_m$  ermittelt. Durch zeitliche Differentiation wird daraus in Block **606** das Signal  $a_2$  ermittelt. In Block **607** wird aus  $a_1$  und  $a_2$  der Offsetwert  $a_{offset}$  ermittelt. Zugleich endet in Block **607** das erfindungsgemäße Verfahren.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung des Offsetwertes eines in einem Fahrzeug einbaubaren Längsbeschleunigungssensors, bei dem

– im Fahrzeugstillstand aus dem Ausgangssignal des Längsbeschleunigungssensors eine erste die Fahrbahnneigung repräsentierende Neigungsgröße ( $a_1$ ) ermittelt wird,

– während einer auf den Fahrzeugstillstand folgenden Fahrzeugbewegung eine zweite die Fahrbahnneigung repräsentierende Neigungsgröße ( $a_2$ ) ermittelt wird und

– aus den die Fahrbahnneigung repräsentierenden ersten und zweiten Neigungsgrößen ( $a_1$ ,  $a_2$ ) der Offsetwert der die Fahrbahnneigung repräsentierenden ersten Neigungsgröße ( $a_{offset}$ ) ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung der zweiten Neigungsgröße ( $a_2$ ) zeitlich so eng nach der Ermittlung der ersten Neigungsgröße ( $a_1$ ) folgt, dass sich der Neigungswinkel ( $\alpha$ ) der Fahrbahn an den Fahrzeugpositionen, an welchen die erste und zweite Neigungsgröße ( $a_1$ ,  $a_2$ ) ermittelt werden, nicht oder nur unwesentlich unterscheidet.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Neigungsgröße ( $a_2$ ) während eines Anrollvorgangs des Fahrzeugs ermittelt wird, bei dem am Fahrzeug seit dem Stillstand keine bremsbedingten Verzögerungsvorgänge und keine motorbedingten Beschleunigungsvorgänge stattgefunden haben.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Neigungsgröße ( $a_2$ ) unabhängig vom Ausgangssignal des Längsbeschleunigungssensors ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine ermittelte Raddrehzahl in die Ermittlung der zweiten Neigungsgröße eingeht.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass

- aus der wenigstens einen ermittelten Raddrehzahl die Fahrzeuglängsbeschleunigung (a) ermittelt wird und
- die Fahrzeuglängsbeschleunigung (a) in die Ermittlung der zweiten Neigungsgröße (a2) eingeht.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Neigungsgröße (a2) durch Auswertung des Ausgangssignals des Längsbeschleunigungssensors ermittelt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Ausgangssignal des Längsbeschleunigungssensors durch einen Tiefpass gefiltert wird und
- die zweite Neigungsgröße (a2) wenigstens durch Auswertung des tiefpassgefilterten Ausgangssignals (a<sub>m</sub>) ermittelt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Neigungsgröße (a2) durch Auswertung der Änderung des tiefpassgefilterten Ausgangssignals (a<sub>m</sub>) pro Zeiteinheit ermittelt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Änderung des tiefpassgefilterten Ausgangssignals (a<sub>m</sub>) pro Zeiteinheit gleich zu Beginn des Bewegungsvorgangs der Fahrzeugs ermittelt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Offsetwert (aoffset) der die Fahrbahnneigung repräsentierenden ersten Neigungsgröße aus der Differenz der zweiten Neigungsgröße (a2) und der ersten Neigungsgröße (a1) ergibt.

12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in die Ermittlung der ersten Neigungsgröße (a2) ausschließlich das Ausgangssignal des Längsbeschleunigungssensors eingeht.

13. Vorrichtung zur Ermittlung des Offsetwertes eines in einem Fahrzeug einbaubaren Längsbeschleunigungssensors (400), welche

- erste Ermittlungsmittel (401), in denen im Fahrzeugstillstand aus dem Ausgangssignal des Längsbeschleunigungssensors eine erste die Fahrbahnneigung repräsentierende Neigungsgröße (a1) ermittelt wird,
- zweite Ermittlungsmittel (403), in denen während einer auf den Fahrzeugstillstand folgenden Fahrzeugbewegung eine zweite die Fahrbahnneigung repräsentierende Neigungsgröße (a2) ermittelt wird und
- dritte Ermittlungsmittel (404), in denen aus den die Fahrbahnneigung repräsentierenden ersten und zweiten Neigungsgrößen (a1, a2) der Offsetwert der die Fahrbahnneigung repräsentierenden ersten Nei-

gungsgröße (aoffset) ermittelt wird enthält.

14. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten Ermittlungsmittel so ausgestaltet sind, dass die zweite Neigungsgröße (a2) unabhängig vom Ausgangssignal des Längsbeschleunigungssensors (400) ermittelt wird.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

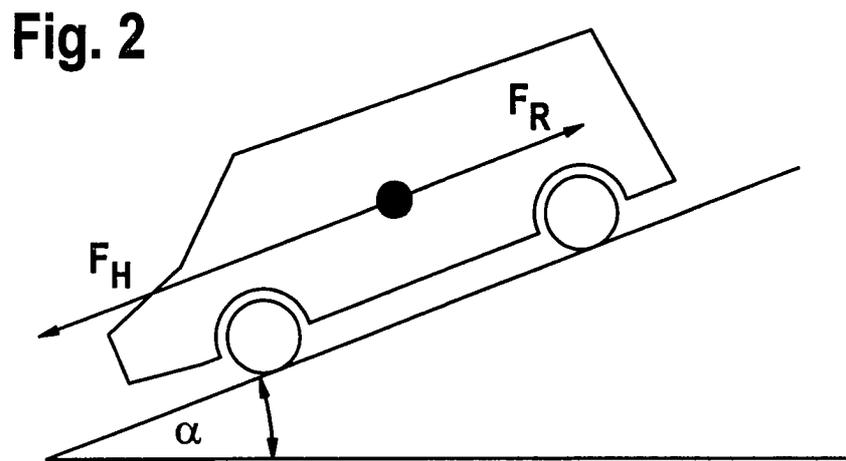
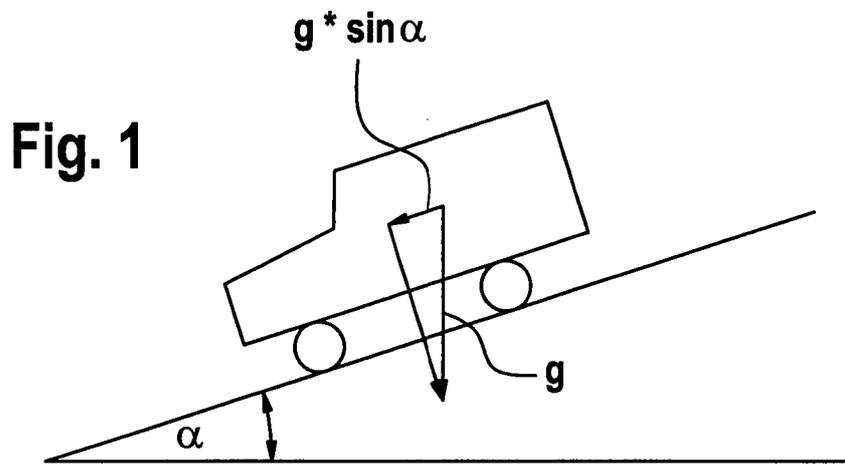
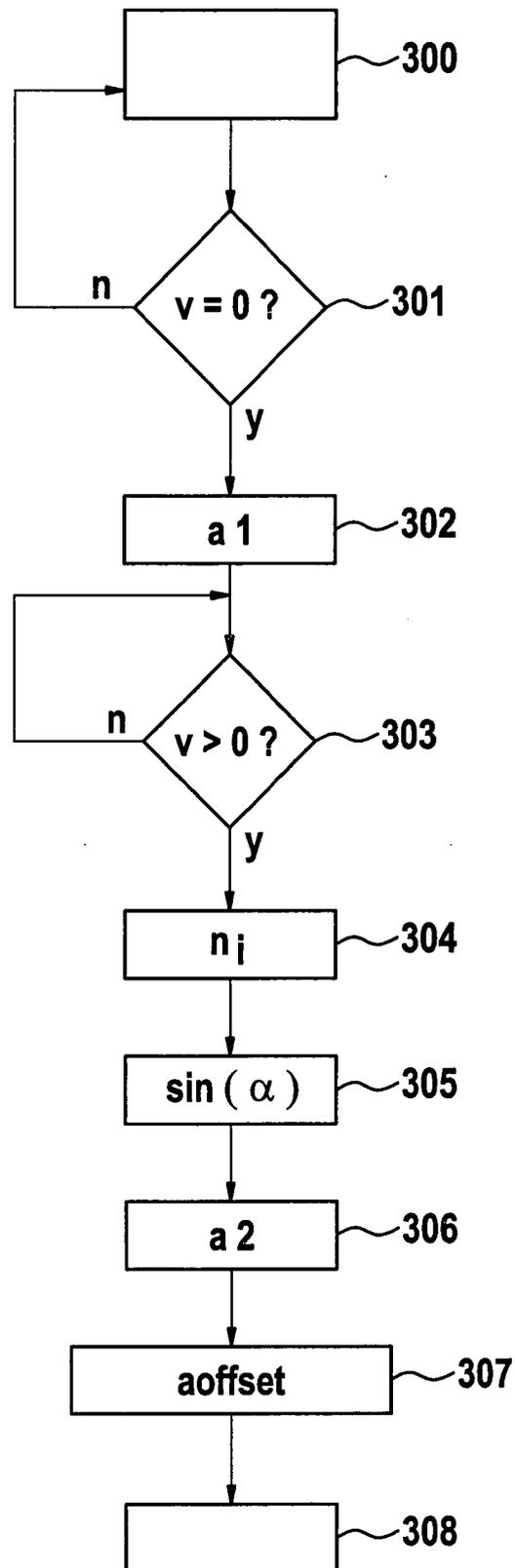


Fig. 3



**Fig. 4**

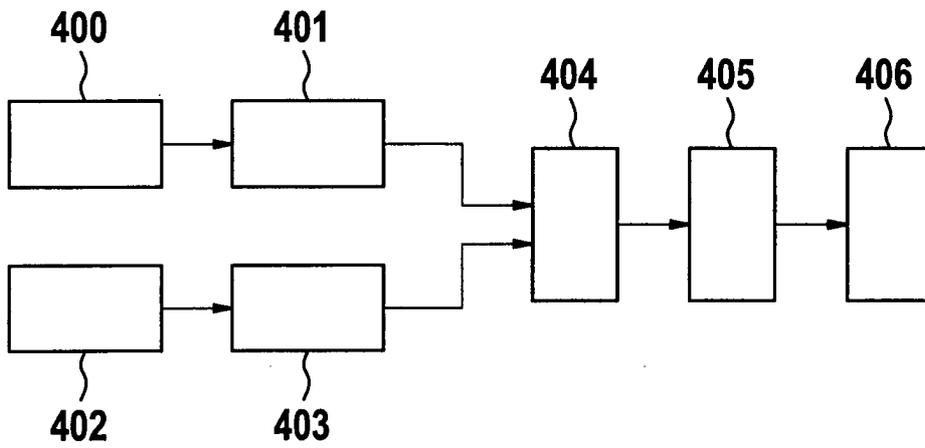
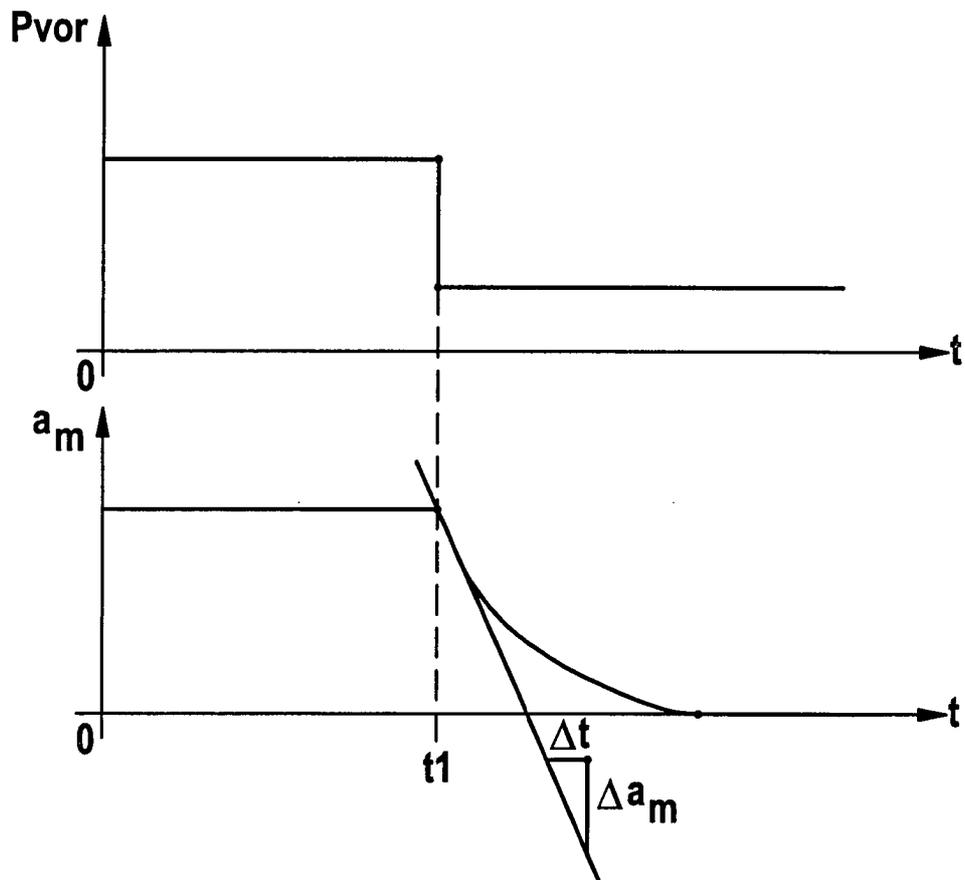


Fig. 5



**Fig. 6**

