



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abmildern der Wirkung einer Fahrbahnanomalität auf ein Fahrzeug durch dynamisches Einstellen eines Stellglieds zum Regeln von Dämpferkräften eines Schwingungsdämpfers.

**[0002]** Beim Überfahren von Fahrbahnunebenheiten werden Schwingungen der Räder erzeugt, durch die die Aufstandskraft des entsprechenden Fahrzeugs gegenüber der Fahrbahn variiert. Dadurch kann die Beherrschbarkeit des Fahrzeugs gemindert werden. Um die Schwingungen möglichst schnell abklingen zu lassen, werden in der Radaufhängung Schwingungsdämpfer bereitgestellt.

**[0003]** Fahrzeuge umfassen häufig aktive, semi- und/oder adaptive Aufhängungssysteme der Räder, um besonders vertikale Bewegungen der Räder zu steuern. Dabei werden die Aufhängungsmerkmale, wie z.B. Dämpfung und Steifigkeit, selektiv an anormale Fahrbahnzustände angepasst. Ein adaptives Aufhängungssystem ist z.B. das Continuously Controlled Damping (CCD) von FORD. Um einen möglichst hohen Komfort für die Fahrzeuginsassen bereitzustellen, werden die Dämpfungen der Schwingungsdämpfer auf ein relativ niedriges Niveau eingestellt. Niedrig eingestellte Dämpfungen führen jedoch zu höheren vertikalen Lasten, wenn das Fahrzeug eine Fahrbahnanomalität, z.B. ein Schlagloch, durchfährt und auf den Rand der Anomalität trifft, der sie in Fahrtrichtung zur dahinterliegenden Fahrbahn abgrenzt.

**[0004]** Zum Einstellen eines Dämpfungsgrades werden Stellglieder zum Regeln von Dämpferkräften verwendet. Diese Stellglieder können z.B. Ventile sein, darum werden sie häufig allgemein als Ventile bezeichnet. In der Druckschrift DE 10 2014 204 519 A1 ist dazu offenbart, dass ein Schwingungsdämpfer mindestens ein Zugventil und ein Druckventil umfassen kann, die mittels Aktuatoren jeweils in verschiedenen Stufen oder stufenlos zwischen harten und weichen Einstellungen verstellt werden können.

**[0005]** Zum Abdämpfen der Schlaglochwirkung können Schwingungsdämpfer, die ein Stellglied zum Regeln von Dämpferkräften zum Steuern der Strömung eines Fluids im Dämpfer aufweisen, auf eine hohe bis maximal mögliche Steifigkeit eingestellt werden, wenn ein Schlagloch erfasst wird (DE 12 2014 200 031 A1). Dadurch wird die senkrechte Bewegung des Rades eingeschränkt, so dass es beim Durchfahren des Schlaglochs nicht so tief in das Schlagloch fällt, als wenn die Dämpfer nicht entsprechend eingestellt wären. Der Offenbarungsgehalt der Druckschrift DE 12 2014 200 031 A1 gilt explizit als in die Beschreibung aufgenommen.

**[0006]** Selbst bei eingeschränkter senkrechter Bewegung des Rades wird immer noch eine hohe senkrechte Last verursacht, wenn das Rad auf den Rand der Fahrbahnanomalität trifft, der sie in Fahrtrichtung zur dahinterliegenden Fahrbahn abgrenzt. Es besteht die Aufgabe, den Fahrkomfort in Bezug auf Fahrbahnanomalitäten weiter zu erhöhen.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Neben- und Unteransprüchen, den Figuren und den Ausführungsbeispielen. Die besagten Ausführungsformen und Gegenstände der Ansprüche sind dabei in vorteilhafter Weise miteinander kombinierbar.

**[0008]** Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer semiaktiven oder aktiven Aufhängung mindestens eines Rades eines Fahrzeugs, die eine Anordnung eines Schwingungsdämpfers mit mindestens einem Stellglied zum Regeln von Dämpferkräften umfasst, das mittels Aktuatoren in verschiedene Stufen oder stufenlos zwischen harten und weichen Einstellungen verstellt werden kann, mit den Schritten:

- Bewegen des Fahrzeugs,
- Erfassen einer mindestens eine abfallende und mindestens eine steigende Flanke umfassenden Anomalität in der Oberfläche einer Fahrbahn im Bewegungsbereich des Fahrzeugs,
- Verstellen des Stellglieds in seine härteste Einstellung, wenn das Rad die abfallende Flanke der Anomalität erreicht,
- Verstellen des Stellglieds in seine weichste Einstellung, bevor das Rad die steigende Flanke der Anomalität erreicht.

**[0009]** Das Verfahren ist vorteilhaft, weil durch das Verstellen des Stellglieds die dynamischen Spitzenlasten, die senkrecht auf die Karosserie des Fahrzeugs wirken, verringert werden. Diese Verringerung beträgt gegenüber herkömmlichen Verfahren bis zu über 8%, wie durch Versuche gezeigt werden konnte, bei denen die vertikale Last im Bereich des Domlagers eines Rades des Fahrzeugs gemessen wurde (**Fig. 6**). Dabei wird durch das Verstellen des Stellglieds in seine härteste Einstellung beim Erreichen der abfallenden Flanke der Fahrbahnanomalität vorteilhaft erreicht, dass der Schwingungsdämpfer weniger weit ausfedert als bei einer weichen Einstellung. Auf diese Weise bewegt sich das entsprechende Rad zu einem geringeren Maß senkrecht in die Anomalität als bei einer herkömmlichen Einstellung. Durch das Verstellen des Stellglieds in seine weichste Einstellung vor dem Erreichen der steigenden Flanke der Anomalität federt der Schwingungsdämpfer weiter ein als bei einer härteren Einstellung,

so dass die Auswirkung des Auftreffens des Rades auf die Anomalität auf die Karosserie abgemildert wird. Unter Anomalitäten werden Unebenheiten in der Fahrbahn, d.h. Abweichungen von der herkömmlicherweise gleichmäßig ebenen Oberfläche, verstanden. Dies betrifft vor allem Vertiefungen in einer Fahrbahnoberfläche, besonders Schlaglöcher, aber auch Erhöhungen, z.B. sogenannte Huckel. Die abfallende Flanke bezieht sich auf den Teil der Anomalität, den ein Fahrzeugrad zuerst erreicht, wo es genaugenommen hineinfällt. Die steigende Flanke bezieht sich auf den Teil der Anomalität, der der abfallenden Flanke gegenüberliegt, wo das Fahrzeugrad also wieder aus der Anomalität herausgerät. Das Verfahren ist aber auch für das Überwinden von Erhöhungen in einer Fahrbahnoberfläche geeignet.

**[0010]** Weiterhin wird vorteilhaft mehr Energie aus der Längsbewegung des Fahrzeugs in die senkrechte Bewegung des entsprechenden Rades transferiert, wenn das Rad auf die steigende Flanke der Fahrbahn-anomalität trifft. Dadurch werden die Lasten der Aufhängungsbuchsen in Längsrichtung des Fahrzeugs und auch die Radrezession reduziert.

**[0011]** Das Verfahren ist dabei für jede Art von Fahrbahn geeignet, auf denen ein Fahrzeug, besonders ein Kraftfahrzeug, bewegt werden kann. Der Begriff „Fahrbahn“ bezieht sich dabei u.a. auf Straßen, z.B. asphaltierte Straßen, betonierte Straßen, gepflasterte Straßen, ungepflasterte Straßen, Feldwege und Wiesen, ohne auf diese Aufzählung beschränkt zu sein. Das Verfahren ist besonders für Kraftfahrzeuge, aber auch für unmotorisierte Fahrzeuge geeignet. Wie oben erwähnt, ist das Verfahren zum Steuern von semiaktiven und aktiven Aufhängungen geeignet.

**[0012]** Unter „Bewegungsbereich“ des Fahrzeugs wird der Bereich der Fahrbahn verstanden, auf dem sich das Fahrzeug bewegt und bewegen wird. Der Bewegungsbereich betrifft also sowohl den unmittelbaren Bereich einer Fahrbahn, in dem bzw. auf dem sich das Fahrzeug befindet, als auch den in Bewegungsrichtung vorausliegenden Bereich, der kraft der aktuellen Geschwindigkeit zeitnah (in Sekunden oder Sekundenbruchteilen) erreicht wird.

**[0013]** Das erfindungsgemäße Verfahren kann besonders durch das Verstellen eines einzigen Stellglieds zum Regeln von Dämpferkräften des Schwingungsdämpfers funktionieren. Es ist deshalb bevorzugt, wenn die Einstellungen genau eines Stellglieds verstellt werden.

**[0014]** Bevorzugt wird das Stellglied in seine weichste Einstellung verstellt, wenn der Dämpfer beim Passieren der Fahrbahn-anomalität eine ausgefederte Stellung erreicht hat. Beim Durchfahren eines Schlaglochs ist das durch die harte Einstellung des

Stellglieds vergleichsweise schnell, weil der Dämpfer nur gering ausfedert. Ebenfalls bevorzugt wird das Stellglied in seine weichste Einstellung verstellt, wenn das Rad eine bestimmte Zeitspanne vom Auftreffen auf die steigende Flanke der Fahrbahn-anomalität entfernt ist. Die Zeitspanne entspricht dabei vorzugsweise der Zeit, die zum Verstellen des Stellglieds aus seiner härtesten in seine weichste Einstellung benötigt wird.

**[0015]** Vorzugsweise wird das Stellglied mit einer Software-gesteuerten Endanschlagskontrolle versehen. Dabei wird die Dämpfungskraft des Schwingungsdämpfers auch in der weichsten Einstellung des Stellglieds graduell verstärkt. Dadurch wird vorteilhaft vermieden, dass die Aufhängung beim Auftreffen auf die steigende Flanke der Fahrbahn-anomalität hart aufschlägt.

**[0016]** Zum Erfassen der Anomalität und Bestimmen ihrer Parameter werden vorzugsweise Sensoren verwendet, die aus der Gruppe umfassend Aufhängungshöhensensoren, Kameras, Laser, Lidar, Radar, Inertialsensoren, Radgeschwindigkeitssensoren, Fahrbahnzustandssensoren, Lenkradwinkelsensoren, Lenkdrehmomentsensoren, Bremsdrucksensoren, ausgewählt werden. Die Auswahl ist nicht beschränkend. Die Sensoren können einzeln oder in Kombination verwendet werden.

**[0017]** Ebenfalls bevorzugt werden zum Erfassen der Anomalität und Bestimmen ihrer Parameter GPS, Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation und Cloud-basierte Informationen verwendet.

**[0018]** Bevorzugt wird in dem Verfahren die semi-aktive oder aktive Aufhängung eines in Fahrtrichtung ersten Rades des Fahrzeugs angesteuert, indem von einer Steuereinrichtung auf der Basis der ermittelten Parameter der Anomalität ein Steuersignal zum Einstellen des Stellglieds an die entsprechenden Aktuatoren des Stellglieds gesendet. Ein in Fahrtrichtung erstes Rad ist bei Vorwärtsfahrt ein Vorderrad, und bei Rückwärtsfahrt ein Hinterrad. Mit anderen Worten werden von den Sensoren Signale an die Steuereinrichtung gesendet, die die Signale auswertet und Steuerbefehle an die besagten Aktuatoren erteilt. Besonders bevorzugt wird in entsprechender Weise in zeitlicher Verzögerung die semi-aktive oder aktive Aufhängung eines zweiten, in Bezug auf die Fahrtrichtung hinter dem ersten Rad angeordneten Rades angesteuert.

**[0019]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren die weiteren Schritte:

- Bestimmen der Parameter der Fahrbahnanomalität,
- Abstimmen der Parameter der Anomalität mit Parametern des Rades (**13**) und Bestimmen, ob die Anomalität eine signifikante Wirkung auf das Rad haben wird.

**[0020]** Der Begriff der Parameter einer Anomalität umfasst besonders die Tiefe der Anomalität sowie die Steilheit der Flanken der Anomalität. Der Begriff der Parameter eines Rades umfasst besonders den Rad Durchmesser, die Reifenform, das Material des Reifens sowie der Luftdruck im Reifen, die Geschwindigkeit des entsprechenden Fahrzeugs, den Einfeder- und Ausfederweg sowie die Einfeder- und Ausfeder geschwindigkeit des Schwingungsdämpfers. Zum Bestimmen der Signifikanz der Wirkung der Fahrbahnanomalität werden vorteilhafterweise Schwellenwerte vorgegeben, die sich besonders auf die Tiefe oder Höhe der Anomalität, die Steilheit der Flanken der Anomalität und die Geschwindigkeit des Fahrzeugs beziehen.

**[0021]** Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft eine Anordnung einer semi-aktiven oder aktiven Aufhängung eines Rades eines Fahrzeugs, die einen Schwingungsdämpfer mit mindestens einem Stellglied zum Regeln von Dämpferkräften umfasst, das mittels Aktuatoren in verschiedenen Stufen oder stufenlos zwischen harten und weichen Einstellungen verstellt werden kann, mindestens eines Sensors zum Erfassen von Fahrbahnanomalitäten und einer Steuerungseinrichtung, wobei die Steuerungseinrichtung ausgebildet ist, ein erfindungsgemäßes Verfahren zu steuern.

**[0022]** Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeug mit einer erfindungsgemäßen Anordnung.

**[0023]** Die Erfindung wird anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen

**Fig. 1** eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung.

**Fig. 2** ein Flussdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**Fig. 3** ein Flussdiagramm einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**Fig. 4** eine schematische Darstellung eines Fahrzeugrades in Annäherung eines Fahrbahnanomalität zur Illustration des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**Fig. 5** ein Diagramm zum zeitlichen Verlauf der Steuerungsströme in einem herkömmlichen und im erfindungsgemäßen Verfahren.

**Fig. 6** ein Diagramm zum Vergleich der dämpfenden Wirkung eines herkömmlichen und des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand der Beschleunigung des Domlagers eines Rades.

**[0024]** In einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung **1** ist in **Fig. 1** ein Schwingungsdämpfer **2** in einer Ausbildung mit einem Zylinder **3** und damit als Einrohr-Gasdruckschwingungsdämpfer **2** gezeigt. Dabei ist die Darstellung als Einrohrdämpfer **2** exemplarisch und nicht einschränkend; es können auch Zwei- oder Dreirohrdämpfer o.ä. verwendet werden. Der Schwingungsdämpfer **2** ist Teil eines semi-aktiven Radaufhängungssystems eines Kraftfahrzeugs. Der Schwingungsdämpfer **2** weist einen Ölvorratsraum **4** auf, der durch einen ersten Kolben **5** räumlich von einem Arbeitsraum **6** separiert, aber dabei fluide durch ein Stellglied **7** mit diesem Arbeitsraum verbunden ist. Das Stellglied **7** weist Aktuatoren **8** auf, die ausgebildet sind, das Stellglied **7** in verschiedene Einstellungen zu verstellen, die Härte und Weichheit des Stellglieds **7** und damit des Schwingungsdämpfers **2** bedingen. Durch einen zweiten Kolben, den sogenannten Trennkolben **9**, ist der Arbeitsraum **6** von einem Gaspolster **10** getrennt.

**[0025]** Der erste Kolben **5** ist über eine Kolbenstange **11** mit gefederten Teilen des entsprechenden Fahrzeugs verbunden, besonders der Karosserie **12**. Der Zylinder **3** ist mit ungefederten Teilen des entsprechenden Fahrzeugs verbunden, besonders mit einem Rad **13**. Weitere, nicht gezeigte Bauteile sind im Rahmen des Radaufhängungssystems angeordnet, die zwischen den Teilen des Schwingungsdämpfers **2** und der Karosserie **12** bzw. dem Rad **13** befinden können.

**[0026]** Weiterhin weist die Anordnung **1** eine Steuereinrichtung **14** auf. Die Steuereinrichtung **14** ist ausgebildet, Signale von mindestens einem Sensor **15** zu empfangen. Als Sensor **15** ist ein Aufhängungshöhensensor am Rad **13** vorgesehen, der über eine Veränderung der Aufhängungshöhe das Vorhandensein einer Anomalität in der Fahrbahn, auf der sich das Fahrzeug bewegt, erfasst. Weitere Sensoren, die im Bereich des Fahrzeugs angeordnet sind, um eine Anomalität in einer Fahrbahn zu erfassen und an die Steuereinrichtung **14** zu übermitteln, sind z.B. Kamerasensoren. Die Steuereinrichtung **14** ist ausgebildet, die vom Sensor **15** und/oder weiteren Sensoren übermittelten Signale auszuwerten und Steuerbefehle an die Aktuatoren des Stellglieds **7** zu senden.

**[0027]** In einem Verfahren zum Steuern eines semi-aktiven Aufhängungssystems gemäß dem Flussdiagramm gemäß **Fig. 2** mittels der Anordnung **1** gemäß **Fig. 1** wird in einem ersten Schritt **S1** das Fahrzeug auf einer Fahrbahn bewegt. In **Fig. 3** ist dabei die Anordnung **1** als Teil des Fahrzeugs in der Bewegung auf einer Fahrbahn dargestellt. Die Fahrbahn

ist eine asphaltierte Straße. Das Fahrzeug bewegt sich damit in einer bestimmten Richtung, z.B. in Vorwärtsrichtung, wie durch den Pfeil in der Darstellung gemäß **Fig. 3** indiziert. In einem zweiten Schritt **S2** wird durch den Sensor **15** eine Strassenanomalität in der in Bewegungsrichtung des Fahrzeugs vorausliegenden Straßenoberfläche **19** erfasst. Wie in **Fig. 3** dargestellt, handelt es sich bei der besagten Anomalität um ein Schlagloch **20**. In einem dritten Schritt **S3** sendet die Steuerungseinrichtung **14** ein Steuerungssignal an die Aktuatoren **8** des Stellglieds **7**, die das Stellglied **7** beim oder kurz nach dem Erreichen der abfallenden Flanke **21** in seine härteste Einstellung verstellen. Nach dem Passieren der abfallenden Flanke **21** sendet die Steuerungseinrichtung **14** ein Steuerungssignal an die Aktuatoren **8**, das Stellglied **7** in einem vierten Schritt **S4** in seine weichste Einstellung zu verstellen, so dass sie vor dem Erreichen der ansteigenden Flanke **22** eingestellt ist.

**[0028]** In einer alternativen exemplarischen Ausführungsform des Verfahrens gemäß **Fig. 4** werden in einem dritten Schritt **S2a** Parameter des Schlaglochs **20** durch den Sensor **15** erfasst und an die Steuerungseinrichtung **14** übermittelt. Die Steuerungseinrichtung **14** vergleicht in einem vierten Schritt **S4** die Parameter des Schlaglochs **20** mit Parametern des Rades **13**, das sich auf das Schlagloch **20** zubewegt. Zu den Parametern des Schlaglochs **20** zählen z.B. die Steilheit der abfallenden Flanke **21** und der ansteigenden Flanke **22** und die Tiefe des Schlaglochs **20**. Zu den Parametern des Rades **13** zählen z.B. Einfeder- und Ausfederweg sowie die Einfeder- und Ausfedergergeschwindigkeit des Schwingungsdämpfers **2**, weiterhin Parameter des Rades wie der Durchmesser des Rades **13**, die Reifenform, das Material des Reifens sowie der Luftdruck im Reifen, und die Geschwindigkeit des entsprechenden Fahrzeugs. Wird durch die Steuerungseinrichtung **14** in einem vierten Schritt **S2b** ermittelt, dass beim Durchfahren des Schlaglochs **20** eine signifikante Wirkung auf das Rad **13** und entsprechend auf das Fahrzeug entstehen wird, sendet die Steuerungseinrichtung **14** ein Steuerungssignal an die Aktuatoren **8**, und das Verfahren läuft mit den Schritten **S3** und **S4** weiter wie für **Fig. 2** beschrieben.

**[0029]** In **Fig. 5** ist der zeitliche Verlauf der Steuerungsströme dargestellt. Die gestrichelte Linie stellt die Wirkung eines herkömmlichen Verfahrens dar (wie gemäß der DE 12 2014 200 031, die nur ein Härterstellen eines Stellglieds umfasst), und die durchgezogene Linie die Wirkung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Strich-Punkt-Linie auf der Höhe der 0 ist zum Darstellen der Straßenoberfläche dargestellt, wobei die Vertiefung bei etwa 2,25 sein Schlagloch **20** darstellt. Das Schlagloch **20** ist 5 cm tief und 66 cm in Fahrtrichtung lang. Die Schwingungsdämpfer-einstellung bei 0 A entspricht der weichsten Einstellung, und die bei 1,6 A der härtesten. Es ist zu se-

hen, dass kurz nach dem Erreichen der abfallenden Flanke **21** 1,6 A eingestellt werden, und vor dem Erreichen der ansteigenden Flanke **22** 0 A. Nach dem Durchfahren werden kurzzeitig wieder 1,6 A angelegt, um das Ausfedern des Schwingungsdämpfers **2** zu begrenzen. Im herkömmlichen Verfahren wird nur einmal nach dem Erreichen der abfallenden Flanke **20** 1,6 A angelegt, die dann erst nach dem Durchfahren des Schlaglochs **20** wieder in eine normale Stromstärke geändert werden.

**[0030]** Der Punkt, an dem der Schwingungsdämpfer **2** in die weichste Einstellung verstellt wird, kann mit Hilfe eines Sensors für die Federungshöhe des Schwingungsdämpfers **2** ermittelt werden. Dabei wird der Punkt verwendet, an dem die senkrechte Bewegung des Rades nach unten stoppt. Alternativ oder zusätzlich kann dieser Punkt auch mit einer Kamera oder mit Radar erkannt werden. Weiterhin kann die weichste Einstellung auch in dem Moment des zeitlichen Verlaufs beim Durchfahren des Schlaglochs **20** eingestellt werden, der zum Einstellen gerade ausreichend bis zum Auftreffen auf die steigende Flanke **22** ist.

**[0031]** Damit der Schwingungsdämpfer **2** in seiner weichsten Einstellung nicht durchschlägt, ist er mit einer software-gesteuerten Endanschlagskontrolle versehen, wobei die Einstellung bei einer Annäherung an den Endanschlag graduell verstärkt, d.h. härter, wird.

**[0032]** Das Verfahren ist für jedes Rad **13** des Fahrzeugs durchführbar. Besonders können die Einstellungen, die für ein erstes Rad ermittelt wurden, für ein in Fahrtrichtung hinter dem ersten Rad angeordnetes zweites Rad, das auf dieselbe Anomalität in der Fahrbahn trifft, z.B. das Schlagloch **20**, genutzt werden.

**[0033]** In **Fig. 6** ist die vorteilhafte Wirkung des erfindungsgemäßen Verfahrens entsprechend dem Steuern gemäß **Fig. 5** belegt. **Fig. 6** zeigt eine Simulation des Durchfahrens eines Schlagloches, wobei die vertikale Last im Bereich des Domlagers des betreffenden Rades gemessen wurde. Wie in **Fig. 5** stellt die gestrichelte Linie die Wirkung eines herkömmlichen Verfahrens dar (bei dem ein Stellglied nur hart eingestellt wird), und die durchgezogene Linie die Wirkung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Wirkung ist dargestellt als Beschleunigung des Domlagers des Rades **13** (y-Achse, in  $\text{ms}^{-2}$ ), in dem das Federbein mit der Karosserie des entsprechenden Fahrzeugs verbunden ist, als Funktion der Zeit (x-Achse, in s). Die Schlaglochdarstellung entspricht ebenfalls **Fig. 5**.

**[0034]** Die Linien verlaufen beim Erreichen und Durchfahren des Schlagloches **20** gleich, weil das erfindungsgemäße wie auch das herkömmliche Verfahren ein Härterstellen des Stellglieds **7** umfassen.

Nach dem Auftreffen auf die steigende Flanke **22** des Schlagloches **20** schlägt die dem erfindungsgemäßen Verfahrens entsprechende Linie mit etwa  $1,195 \text{ ms}^{-2}$  nicht so stark aus wie die Linie des herkömmlichen Verfahrens mit etwa  $13 \text{ ms}^{-2}$ . Damit wird die vertikale Last im Bereich des Domlagers eines ein Schlagloch durchfahrenden Rades um etwa 8,3% reduziert. Das bedeutet, dass die Belastung der Karosserie und damit des gefederten Teils des entsprechenden Fahrzeugs verringert und der Fahrkomfort erhöht wird.

#### Bezugszeichenliste

- |           |                       |
|-----------|-----------------------|
| <b>1</b>  | Anordnung             |
| <b>2</b>  | Schwingungsdämpfer    |
| <b>3</b>  | Zylinder              |
| <b>4</b>  | Ölvorratsraum         |
| <b>5</b>  | erster Kolben         |
| <b>6</b>  | Arbeitsraum           |
| <b>7</b>  | Stellglied            |
| <b>8</b>  | Aktuatoren            |
| <b>9</b>  | Trennkolben           |
| <b>10</b> | Gaspolster            |
| <b>11</b> | Kolbenstange          |
| <b>12</b> | Karosserie            |
| <b>13</b> | Rad                   |
| <b>14</b> | Steuerungseinrichtung |
| <b>15</b> | Sensor                |
| <b>19</b> | Straßenoberfläche     |
| <b>20</b> | Schlagloch            |
| <b>21</b> | abfallende Flanke     |
| <b>22</b> | steigende Flanke      |

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102014204519 A1 [0004]
- DE 122014200031 A1 [0005]
- DE 122014200031 [0029]

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Steuern einer semiaktiven oder aktiven Aufhängung mindestens eines Rades (13) eines Fahrzeugs, die eine Anordnung (1) eines Schwingungsdämpfers (2) mit mindestens einem Stellglied zum Regeln von Dämpferkräften (7) umfasst, das mittels Aktuatoren (8) in verschiedene Stufen oder stufenlos zwischen harten und weichen Einstellungen verstellt werden kann, mit den Schritten:

- Bewegen des Fahrzeugs,
- Erfassen einer mindestens eine abfallende und mindestens eine steigende Flanke umfassenden Anomalität (20) in der Oberfläche einer Fahrbahn (19) im Bewegungsbereich des Fahrzeugs,
- Verstellen des Stellglieds (7) in seine härteste Einstellung, wenn das Rad die abfallende Flanke der Anomalität erreicht,
- Verstellen des Stellglieds (7) in seine weichste Einstellung, bevor das Rad (13) die steigende Flanke der Anomalität erreicht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Einstellungen genau eines Stellglieds (7) verstellt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Stellglied (7) in seine weichste Einstellung verstellt wird, wenn der Dämpfer (2) beim Passieren der Fahrbahnanomalität (20) eine ausgefederte Stellung erreicht hat.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Stellglied (7) in seine weichste Einstellung verstellt wird, wenn das Rad (13) eine bestimmte Zeitspanne vom Auftreffen auf die steigende Flanke (22) der Fahrbahnanomalität entfernt ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 4, wobei die Zeitspanne der Zeit entspricht, die zum Verstellen des Stellglieds (7) in seine weichste Einstellung benötigt wird.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Stellglied (7) mit einer software-gesteuerten Endanschlagskontrolle versehen wird.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei zum Erfassen der Anomalität (20) und Bestimmen ihrer Parameter Sensoren (15) ausgewählt aus der Gruppe umfassend Aufhängungshöhensensoren, Kameras, Laser, Lidar, Radar, Inertialsensoren, Radgeschwindigkeitssensoren, Fahrbahnzustandssensoren, Lenkradwinkelsensoren, Lenkdrehmomentsensoren und Bremsdrucksensoren verwendet werden.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei zum Erfassen der Anomalität (20) und Bestimmen ihrer Parameter GPS, Fahrzeug-zu-Fahr-

zeug-Kommunikation und Cloud-basierte Informationen verwendet werden.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die semiaktive oder aktive Aufhängung eines in Fahrtrichtung ersten Rades (13) des Fahrzeugs angesteuert wird, indem von einer Steuereinrichtung (14) auf der Basis der ermittelten Parameter der Anomalität (20) ein Steuersignal zum Einstellen des Stellglieds (7) an die entsprechenden Aktuatoren (8) des Stellglieds gesendet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei in entsprechender Weise in zeitlicher Verzögerung die semiaktive oder aktive Aufhängung einer zweiten, in Bezug auf die Fahrtrichtung hinter dem ersten Rad (13) angeordneten Rades (13) angesteuert wird.

11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, mit den weiteren Schritten:

- Bestimmen der Parameter der Fahrbahnanomalität (20),
- Abstimmen der Parameter der Anomalität (20) mit Parametern des Rades (13) und Bestimmen, ob die Anomalität eine signifikante Wirkung auf das Rad haben wird.

12. Anordnung (1) einer semiaktiven Aufhängung eines Rades (13) eines Fahrzeugs, die einen Schwingungsdämpfer (2) mit mindestens einem Stellglied (7) umfasst, das mittels Aktuatoren (8) in verschiedenen Stufen oder stufenlos zwischen harten und weichen Einstellungen verstellt werden kann, mindestens eines Sensors (15) zum Erfassen von Fahrbahnanomalitäten (20) und einer Steuerungseinrichtung (14), wobei die Steuerungseinrichtung (14) ausgebildet ist, ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1-11 zu steuern.

13. Kraftfahrzeug mit einer Anordnung gemäß Anspruch 12.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

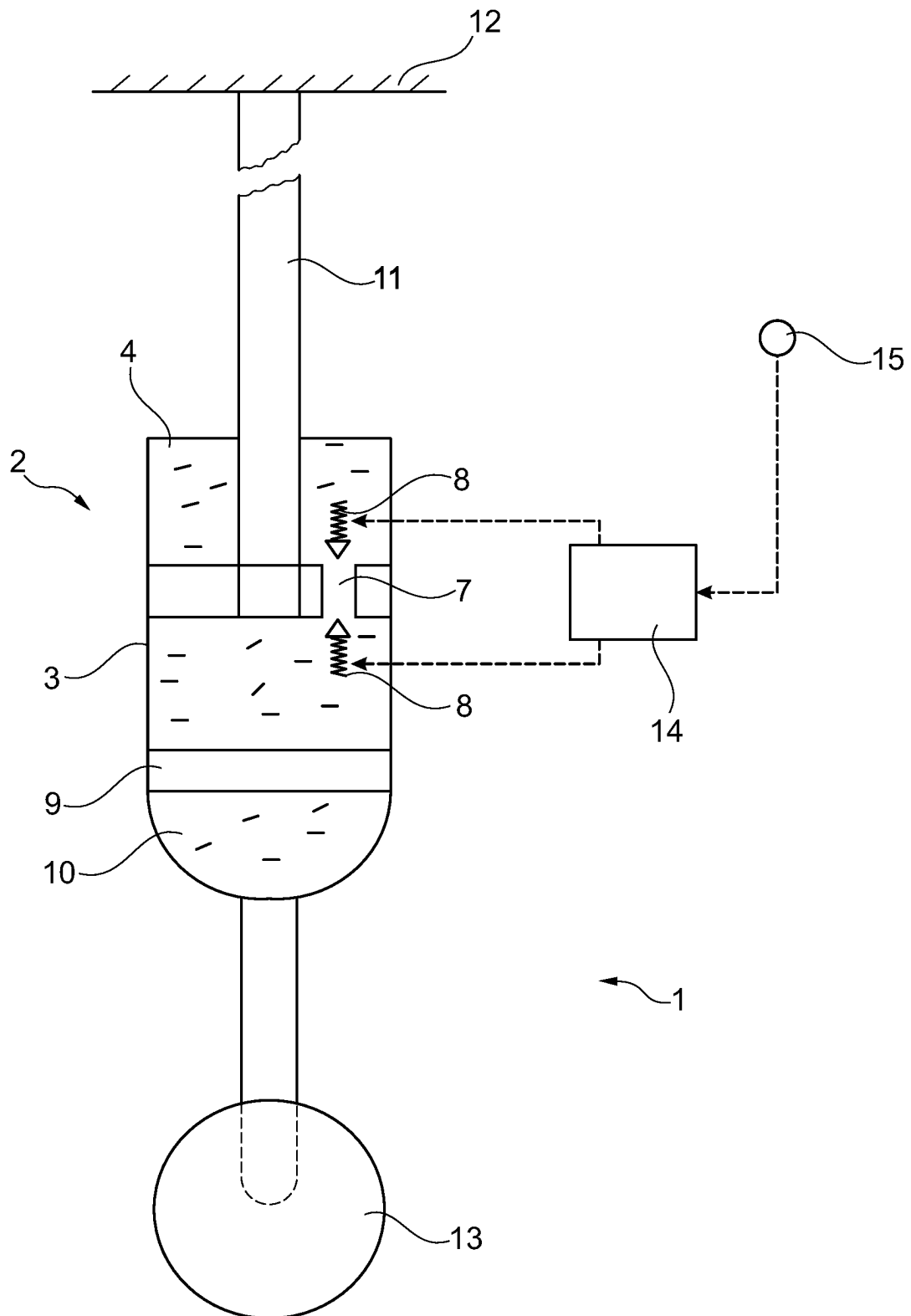


Fig. 1

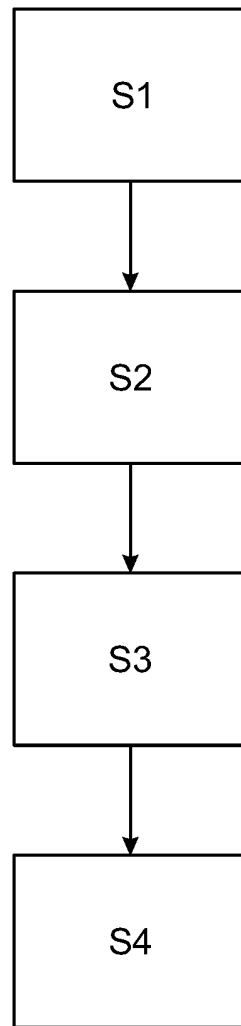


Fig. 2

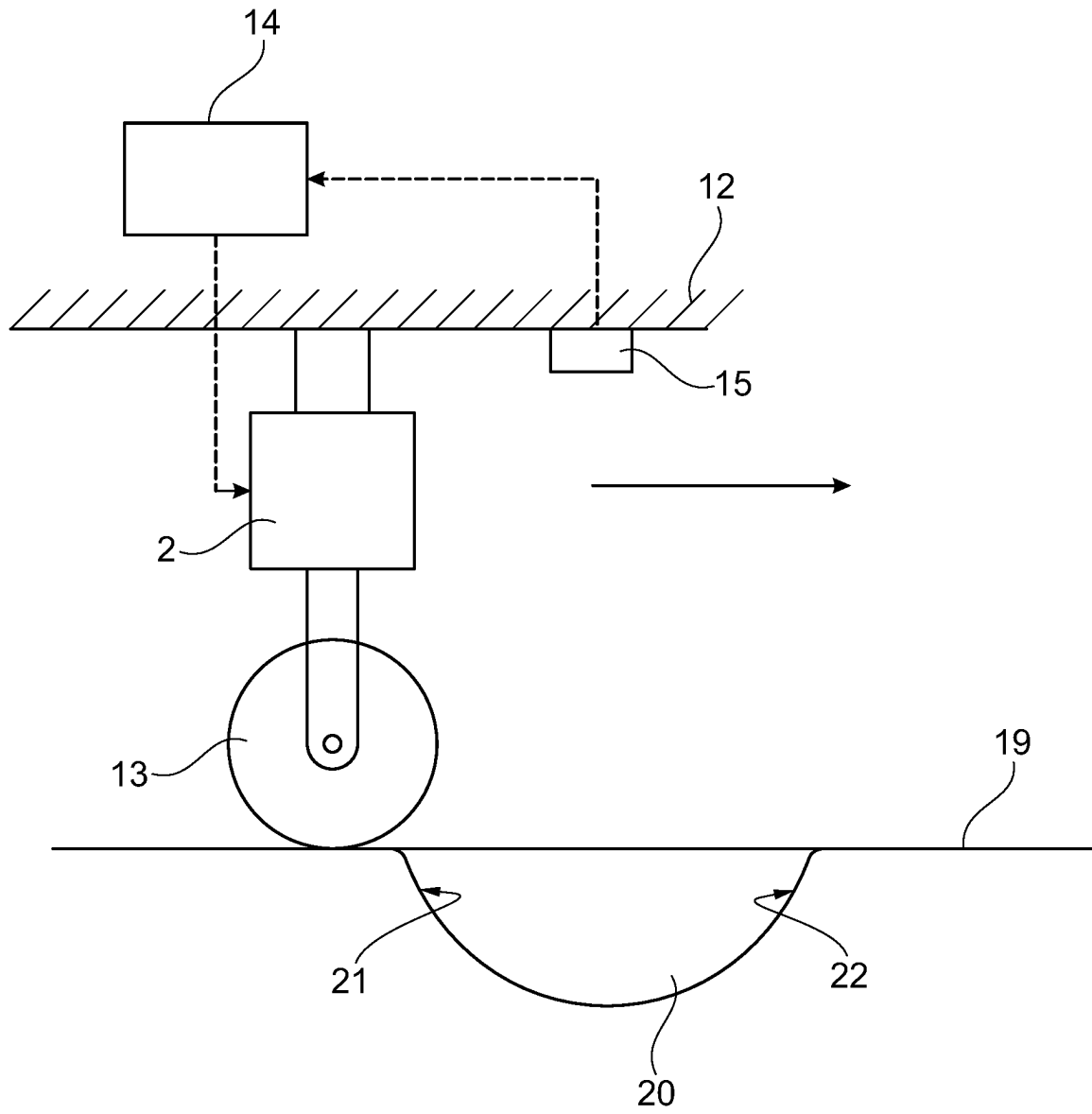


Fig. 3

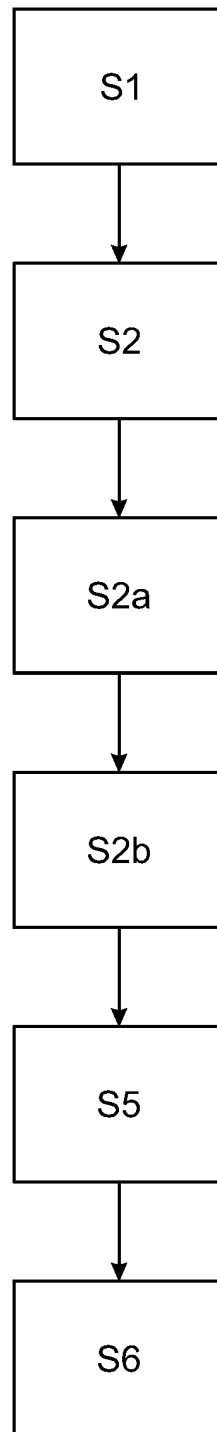


Fig. 4

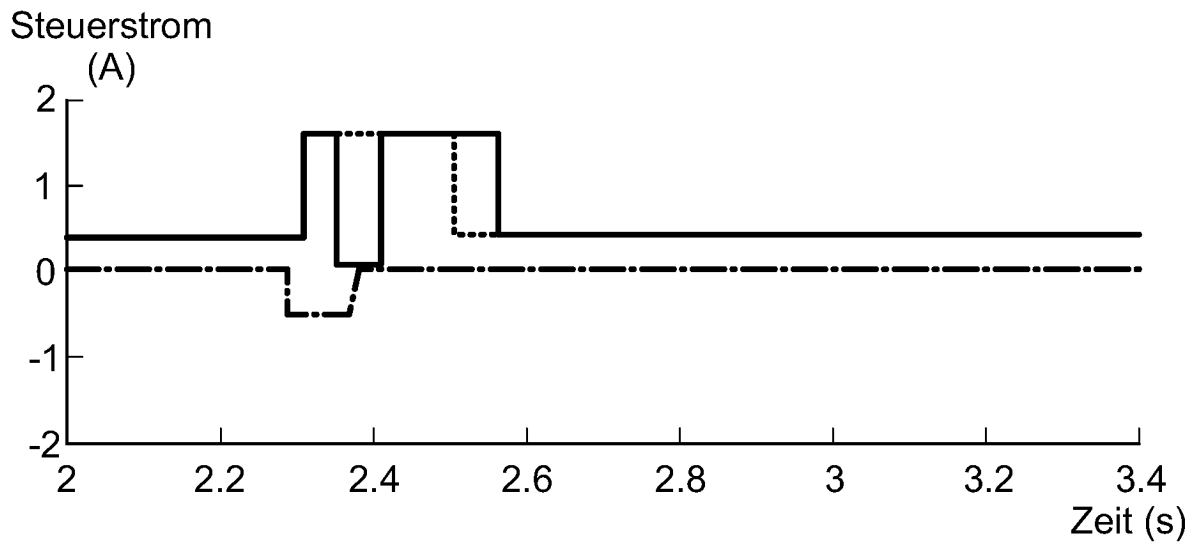


Fig. 5

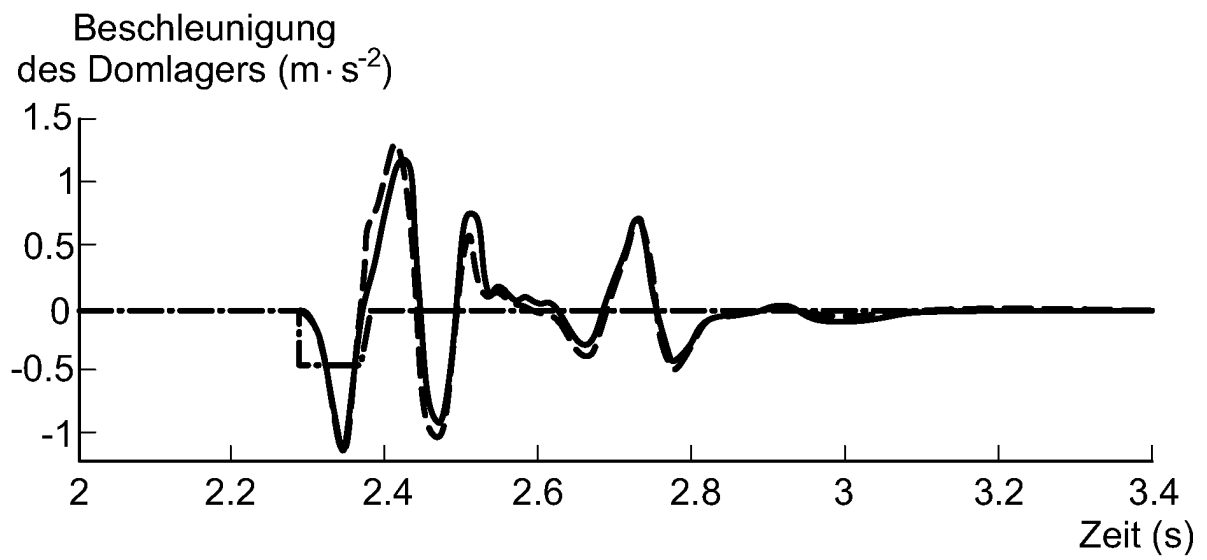


Fig. 6