



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 38 994 T2** 2009.01.08

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 541 892 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 38 994.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **05 003 371.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **11.03.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **15.06.2005**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **09.01.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.01.2009**

(51) Int Cl.⁸: **F16F 9/46** (2006.01)

B62K 25/08 (2006.01)

B60G 17/015 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

816532 13.03.1997 US

(73) Patentinhaber:

Cannondale Corp., Georgetown, Conn., US

(74) Vertreter:

Hauck Patent- und Rechtsanwälte, 80339 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:

Franklin, Joseph A., Richfield CT 06877, US

(54) Bezeichnung: **Elektronisches Aufhängungssystem für ein Radfahrzeug**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft generell Radaufhängungen, genauer gesagt Radaufhängungen mit einer motorisierten Dämpfungssteuerung an Fahrzeugen, wie Fahrrädern.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Aufhängungssysteme für Fahrzeuge verbessern die Handhabung und die Steuerung des Fahrzeuges, indem sie Energie absorbieren, die auf ein unebenes Terrain aufgrund von Erhebungen, Vertiefungen, Hindernissen und anderen derartigen Merkmalen zurückzuführen ist. Es sind verschiedene Formen von hydraulischen Aufhängungssystemen entwickelt worden, um den Handhabungs- und Steuerungsanforderungen des Fahrers gerecht zu werden. Diese Systeme bestehen typischerweise aus einer Anordnung von zwei Teleskoprohren, zwei Kammern zum Halten eines viskosen Strömungsmittels, Dichtungen zum Halten des viskosen Strömungsmittels innerhalb der Kammern, einer Dämpfereinheit, die die beiden Kammern voneinander trennt, und einem Dämpferventil, das den Strom des Strömungsmittels von der einen Kammer zur anderen Kammer reguliert.

[0003] Bei einer typischen Anordnung ist ein Außenrohr an der Dämpfereinheit an einem Punkt auf dem oberen Abschnitt des Fahrzeuges befestigt und über ein unteres Innenrohr gelagert, das an einem Punkt am unteren Abschnitt des Fahrzeuges gelagert ist. Die Rohre sind so angeordnet, dass sie relativ zueinander in Axialrichtung teleskopartig gleiten können. Sie umgeben zwei Kammern, die ein viskoses Strömungsmittel halten. Eine Dichtung umgibt den oberen Abschnitt des unteren Rohres, um das Strömungsmittel innerhalb der Kammer zu halten.

[0004] Wenn das Fahrzeug eine Erhebung passiert, gleitet das Außenrohr teleskopartig in Richtung auf das Innenrohr. Das viskose Strömungsmittel strömt von der unteren Kammer durch das Dämpferventil zur oberen Kammer, so dass das Außenrohr und die Dämpfereinheit in Richtung auf das Innenrohr gleiten können. Während der nachfolgenden Expansionsphase gleitet das Außenrohr in Axialrichtung teleskopartig vom Innenrohr weg. In der Expansionsphase strömt das viskose Strömungsmittel in entgegengesetzter Richtung durch das Dämpferventil, so dass sich das Außenrohr vom Innenrohr weg bewegen kann.

[0005] Hydraulische Aufhängungssysteme besitzen ein typisches Dämpfungsverhalten. Wenn eine kleine Eingangsdruckkraft langsam und kontinuierlich auf das System aufgebracht wird, strömt das viskose Strömungsmittel durch die Dämpferöffnung und bewegen sich das Außenrohr und Innenrohr in Axialrichtung relativ zueinander. Wenn im Gegensatz dazu eine große Eingangsdruckkraft plötzlich auf das System einwirkt, ist das viskose Strömungsmittel nicht in der Lage, schnell genug durch die Öffnung zu strömen, um eine rasche Relativbewegung der beiden Rohre zu ermöglichen. Daher besitzen hydraulische Aufhängungssysteme einen größeren Widerstand gegenüber großen plötzlichen Kräften als gegenüber kleinen langsamen Kräften.

[0006] Während hydraulische Aufhängungssysteme typischerweise das vorstehend beschriebene Dämpfungsverhalten besitzen, ist das tatsächliche Dämpfungsverhalten eines speziellen Aufhängungssystems von den physikalischen Eigenschaften dieses Systems abhängig. Die Größe des Widerstandes, die vom hydraulischen Aufhängungssystem aufgebracht wird, hängt von der Geschwindigkeit ab, mit der das viskose Strömungsmittel durch das Dämpferventil von der unteren Kammer zur oberen Kammer strömen kann. Ein Aufhängungssystem besitzt einen geringeren Widerstand oder eine geringere Steifigkeit in Abhängigkeit von einer Stoßbelastung, wenn das viskose Strömungsmittel einfacher durch das Dämpferventil strömen kann. Somit weist ein hydraulisches Aufhängungssystem mit einer größeren Öffnung zwischen den beiden Kammern einen geringeren Widerstand auf als ein anderes System, das eine kleinere Öffnung besitzt.

[0007] Im Stand der Technik gibt es Beispiele von hydraulischen Aufhängungssystemen mit Teleskoprohren, die zusätzliche Merkmale aufweisen, welche das System in die Lage versetzen, das Dämpfungsverhalten der Vorrichtung in einem begrenzten Ausmaß zu modifizieren. Wie in der US-PS 4 971 344 beschrieben, kann das Aufhängungssystem so ausgebildet sein, dass es einen größeren Widerstand gegenüber niedrigen Eingangskräften, die von der Pedalkraft des Fahrers erzeugt werden können, und einen geringeren Widerstand gegenüber hohen Eingangskräften, die auf einen großen Stoß zurückzuführen sind, bietet. Bei dieser Anordnung wird die Dämpferöffnung mit einer plattenförmigen Beilage blockiert, bis der Strömungsmitteldruck in der unteren Kammer größer wird als der von einer Feder erzeugte Widerstand, der die Platte über der Öffnung hält. Dieses Schema setzt das Aufhängungssystem in die Lage, mit Stoßbelastungen verbundene Energie zu ab-

sorbieren und zu verhindern, dass das System Energie absorbiert, die auf eine Pedalbewegung zurückzuführen ist.

[0008] Wie aus dieser Erörterung deutlich wird, besitzen die hydraulischen Aufhängungssysteme des Standes der Technik zwei Hauptbeschränkungen. Als erstes besitzen sie nur eine begrenzte statische Kontrolle über das Dämpfungsverhalten. Beispielsweise weisen hydraulische Aufhängungssysteme des Standes der Technik einen geringeren Widerstand über ihren Betriebsbereich auf, indem sie eine größere Öffnung zwischen den beiden Kammern benutzen. In entsprechender Weise besitzt das Aufhängungssystem der US-PS 4 971 344 einen abgestuften Widerstand mit einem Widerstandsniveau, wenn die Eingangskraft niedriger ist als ein bestimmter Schwellenwert, und mit einem zweiten höheren Widerstandsniveau, wenn die Eingangskraft den Schwellenwert übersteigt. Als zweites bieten die Systeme des Standes der Technik dem Fahrer nur eine begrenzte Möglichkeit, das Dämpfungsverhalten des Aufhängungssystems in Anpassung an die Wünsche des Fahrers zu verändern. Beispielsweise kann der Fahrer des Aufhängungssystems der vorstehend genannten Veröffentlichung den Gasdruck in der oberen Kammer einstellen, um den Widerstand zu verändern.

[0009] Die US-PS 5 123 671 offenbart eine Vorrichtung zum Steuern von Stoßdämpfern in Kraftfahrzeugen. Die Vorrichtung besitzt einen Stoßdämpfer mit einem Druckzylinder, der eine Arbeitskammer mit einem ersten und einem zweiten Abschnitt bildet. Ein erster Sensor wird benutzt, um ein elektrisches Signal in Abhängigkeit davon zu erzeugen, ob der Stoßdämpfer einen Kompressionshub oder einen Rückhub durchführt. Ein zweiter Sensor dient zum Ermitteln der Bewegung der Karosserie des Kraftfahrzeuges. Ein elektronischer Steuermodul dient zur Erzeugung eines elektrischen Steuersignals in Abhängigkeit von den Ausgangssignalen des ersten und zweiten Sensors. Ein Solenoid dient zum Regulieren des Durchflusses des Dämpfungsströmungsmittels zwischen dem ersten und zweiten Abschnitt der Arbeitskammer. Eine Kolbeneinheit, die im Druckzylinder angeordnet ist, definiert den ersten und zweiten Abschnitt der Arbeitskammer.

Zusammenfassung der Erfindung

[0010] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein elektronisches Dämpfungssystem für ein Radfahrzeug zur Verfügung gestellt, das umfasst: eine Dämpfungseinheit mit einem ersten Element, einem zweiten Element, einem Ventil, das mindestens eine Öffnung aufweist, und einem Motor, der in Wirkeingriff mit dem Ventil steht, um einen Bereich einer jeden der mindestens einen Öffnung zu regeln; einen Sensor, der so ausgebildet ist, dass er mindestens ein Sensorsignal abgibt, das eine Position des ersten Elementes relativ zum zweiten Element anzeigt; einen Computer mit Software, um einen Benutzer/Fahrer in die Lage zu versetzen, mindestens eine programmierbare Funktion zu definieren; und einen Dämpfungsregler, der elektronisch mit dem Sensor verbunden und so konfiguriert ist, dass er mindestens ein Sensorsignal empfängt, um aus dem Sensorsignal ein Regelsignal auf der Basis einer ausgewählten Funktion der mindestens einen programmierbaren Funktion, die vom Benutzer/Fahrer ausgewählt und vom Computer zum Dämpfungsregler übertragen wurde, wobei das Regelsignal einer gewünschten Dämpfungskraft entspricht, zu berechnen und das abgegebene Regelsignal an den Motor abzugeben.

[0011] Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein elektronisches Dämpfungssystem für ein Radfahrzeug zur Verfügung gestellt, das umfasst: eine Dämpfungseinheit mit einem ersten Element, einem zweiten Element, einem Ventil, das mindestens eine Öffnung aufweist, und einem Motor, der in Wirkeingriff mit dem Ventil steht, um einen Bereich einer jeden der mindestens einen Öffnung zu regeln; einen Sensor, der so ausgebildet ist, dass er mindestens ein Sensorsignal abgibt, das eine Position des ersten Elementes relativ zum zweiten Element anzeigt; einen Dämpfungsregler, der elektronisch mit dem Sensor verbunden ist und so ausgebildet ist, dass er das mindestens eine Sensorsignal empfängt, um aus dem Sensorsignal ein Regelsignal auf der Basis einer ausgewählten Funktion der mindestens einen programmierbaren Funktion, die von einem Benutzer/Fahrer ausgewählt wurde, zu berechnen, wobei das Regelsignal einer gewünschten Dämpfungskraft entspricht, und das Regelsignal an den Motor abzugeben; und Software, die, wenn sie mit einem mit dem Dämpfungsregler verbundenen Computer Verwendung findet, einen Benutzer/Fahrer in die Lage versetzt, mindestens eine programmierbare Funktion zu definieren und die programmierbare Funktion mit dem Dämpfungsregler in Verbindung zu bringen.

[0012] Gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Dämpfen eines Radfahrzeuges mit einem elektronischen Dämpfungssystem gemäß dem ersten Aspekt zur Verfügung gestellt, das die folgenden Schritte umfasst: Ermitteln und Abgeben mindestens eines Sensorsignals, das eine Position des ersten Elementes der Dämpfereinheit relativ zum zweiten Element der Dämpfereinheit anzeigt, mit einem Sensor; Empfangen des mindestens einen Sensorsignals mit einem Dämpfungsregler, der elektrisch an den Sensor angeschlossen ist; Berechnen eines Regelsignals auf der Basis von mindestens einer von einem Benut-

zer/Fahrer ausgewählten programmierbaren Funktion vom Sensorsignal in Bezug auf eine gewünschte Dämpfungskraft; und Abgeben des Regelsignals an den Motor.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

- [0013] [Fig. 1](#) zeigt ein an einem Fahrrad installiertes aktives Aufhängungssystem,
- [0014] [Fig. 2](#) ist eine Schnittansicht des Dämpfers,
- [0015] [Fig. 3](#) ist eine vergrößerte Schnittansicht des Dämpfers und Sensors,
- [0016] [Fig. 4](#) ist ein Funktionsdiagramm des aktiven Aufhängungssystems, das die Beziehung zwischen dessen Komponenten zeigt,
- [0017] [Fig. 5](#) ist eine Außenansicht des Dämpferreglers,
- [0018] [Fig. 6](#) ist ein Funktionsdiagramm des Dämpferreglers, die
- [0019] [Fig. 7a–Fig. 7d](#) zeigen graphische Darstellungen der Regelkarten,
- [0020] [Fig. 8](#) ist ein Ablaufdiagramm, das die Initialisierung des Dämpferreglers zeigt,
- [0021] [Fig. 9](#) ist ein Ablaufdiagramm, das die Gesamtfunktion des Dämpferreglers zeigt,
- [0022] [Fig. 10](#) ist ein Ablaufdiagramm, das die Berechnung der relativen Geschwindigkeit des Innenrohres und Außenrohres des Dämpfers durch den Dämpferregler zeigt,
- [0023] [Fig. 11](#) ist ein Ablaufdiagramm, das die Funktionsweise des Dämpferreglers im Schlafmodus zeigt.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

[0024] [Fig. 1](#) zeigt das aktive Aufhängungssystem **100**, das die vorliegende Erfindung verkörpert und an einem Fahrrad installiert ist. Das aktive Aufhängungssystem umfasst ein erstes Element in der Form eines Außenrohres **120**, das über einen oberen Arm **110** und einen unteren Arm **150** an einem Fahrradlenkrohr (nicht gezeigt) befestigt ist. Ein zweites Element in der Form eines Innenrohres **130** ist teleskopartig relativ zum Außenrohr **120** angeordnet. Das untere Ende des Innenrohres **130** ist mit einer einheitlichen Vordergabel **140** verbunden, die zur Befestigung eines Vorderrades **180** am Fahrradlenkrohr dient. Wie nachfolgend erläutert, ist ein Dämpfer in der Rohreinheit **120**, **130** montiert. Ein Dämpfungsregler **160**, der das Dämpfungsverhalten des Dämpfers regelt, ist mit dem Fahrradrahmen **170** verbunden.

[0025] Eine Stromquelle, vorzugsweise eine Batteriepackung **165**, ist am Fahrradrahmen **170** montiert. Sie liefert elektrischen Strom für den Dämpfer und ist über Leitungen mit dem Dämpfungsregler **160** verbunden. Alternativ dazu kann die Batteriepackung in der Dämpfungsreglereinheit angeordnet sein, wie nachfolgend erläutert. Auch kann die Batterie direkt mit einem Motor verbunden sein, der im Außenrohr **120** untergebracht ist. In diesem Fall stellt ein logisches Regelsignal vom Dämpfungsregler den Motor an und ab. Anstelle einer Batterie kann die Stromquelle durch die Antriebskraft des Fahrrades selbst mit Hilfe eines kleinen Generators verwirklicht werden, welcher von einem Fahrradrad oder beiden Fahrradradern angetrieben wird.

[0026] [Fig. 2](#) zeigt eine Schnittansicht der aktiven Aufhängungseinheit **100**. Die Einheit besitzt eine Längsachse A, entlang der sich viele ihrer Komponenten bewegen. Sie umfasst ein Außenrohr **120**, das mittels einer Manschette **213** an einer Dämpfereinheit **210** befestigt ist.

[0027] Das Außenrohr **120** ist koaxial zu einem Innenrohr **130** ausgerichtet. Beide Rohre sind so angeordnet, dass sie sich teleskopartig entlang der Längsachse A bewegen. Sowohl das Innenrohr als auch das Außenrohr sind im wesentlichen Hohlzylinder, die vorzugsweise aus Aluminium oder einem anderen nichtkorrosiven Metall geformt sind. Der Raum **125** zwischen dem Innenrohr und Außenrohr ist typischerweise mit Luft gefüllt. Ein beispielhafter Außendurchmesser des Innenrohres beträgt 28,58 mm, (1,125 Zoll), und eine beispielhafte Länge des Innenrohres **130** beträgt 20,75 cm (8,17 Zoll). Das Außenrohr **120** besitzt ein hohles Rohr zur Montage in den Armen **110** und **150**. Ein beispielhafter Außendurchmesser des Außenrohres **120** beträgt 38 mm (1,5 Zoll), und eine beispielhafte Länge des Außenrohres **120** beträgt 195 mm (7,66 Zoll).

[0028] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, besitzt der Dämpfer **210** einen oberen Kolbenschaft **230** und einen Kolbenverbindungsschaft **240**. Ein unterer Abschnitt **242** des Kolbenverbindungsschaftes steht mit einer zusätzlichen Dämpfungseinrichtung, wie mechanischen Luftdämpfern, in Eingriff, deren Aufbau dem Fachmann bekannt ist. Der Dämpfer besitzt eine obere Kammer **216** und eine untere Kammer **217**, die beide eine viskose Flüssigkeit, beispielsweise ein SAE 5 Öl, aufnehmen. Eine zwischen dem Innenrohr **120** und einem obersten Abschnitt des oberen Kolbenschaftes ausgebildete Dichtung **215** begrenzt die viskose Flüssigkeit in der oberen Kammer **216**. Die beiden Kammern **216**, **217** sind durch einen O-Ring **223** getrennt, der einen Flansch **224** besitzt, welcher einstückig auf einem Umfangsabschnitt des Kolbenverbindungsschaftes **240** ausgebildet ist. Der O-Ring verhindert eine Ölleckage zwischen der oberen und unteren Kammer.

[0029] Die Dämpfereinheit **210** besitzt ferner einen Motor **221**, der von einer Vorspannunterstützungsfeder **250** unter Vorspannung gesetzt ist. Der Motor **221** ist mit einer beweglichen Motorwelle **312** versehen, die sich entlang der Längsachse A bewegt. Die Motorwelle **312** steht so mit anderen Komponenten in Wirkeingriff, dass sie ein Dämpferventil **218** regelt, das wiederum den Durchfluss der viskosen Flüssigkeit zwischen den beiden Kammern **216**, **217** regelt. Der Motor **221** wird vom Dämpfungsregler **160** wahlweise über eine Regelleitung **219** aktiviert. Wie nachfolgend weiter beschrieben, schaltet der Dämpfungsregler **160** den Motor **221** wahlweise ein und aus, so dass die Motorwelle **312** in einer vorgegebenen Richtung auf der Basis der Polarität des Signals vom Dämpfungsregler **160** angetrieben wird. Die Größe und/oder Dauer dieses Signals regelt die Drehzahl des Motors und die Länge der Bewegung.

[0030] Ein optischer Sensor **201**, der am Außenrohr **120** montiert ist, und ein lichtreflektierender Codestreifen **222**, der auf einer Außenfläche des Innenrohres montiert ist, detektieren die Relativbewegung zwischen dem Innenrohr **130** und dem Außenrohr **120**. Elektrische Verbindungen **223** zwischen dem Sensor **201** und dem Dämpfungsregler **160** versorgen den Sensor **201** mit elektrischer Energie und ermöglichen die Abgabe eines Sensorsignals an den Dämpfungsregler **160**. Auf diese Weise liefert der Sensor **201** kontinuierlich Positionsinformationen an den Dämpfungsregler **160**.

[0031] Bei der bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei dem Sensor **201** um eine Codiervorrichtung mit einer reflektierenden optischen Fläche, die von der Firma Hewlett Packard (Part #s HCTL-2020 und HEDR-8000) erhältlich ist. Das integrierte HCTL-2020- und HEDR-8000-Schaltungspaar illuminiert den Codestreifen **222** mit einer einzigen lichtemittierenden Diode (LED). Der Codestreifen **222** enthält reflektierende Markierungen, die einen vorgegebenen Abstand besitzen. Diese integrierte Schaltung besitzt einen Codierauflösungsbereich von 2,76 Linien/mm bis 2,95 Linien/mm.

[0032] Der Sensor **201** besitzt eine integrierte Photodetektorschaltung, die das reflektierte Lichtmuster empfängt und zwei Wellenformen abgibt. Eine erste abgegebene Wellenform liefert einen Impuls für jede detektierte reflektierende Markierung. Durch das Zählen der Anzahl der Impulse in Bezug auf einen Anfangswert werden Positionsinformationen über den Sensor relativ zum Codestreifen **222** erhalten. Eine zweite abgegebene Wellenform codiert die Bewegungsrichtung des Sensors **201** in Bezug auf den Codestreifen **222**. Da der Sensor **201** am Außenrohr **120** befestigt ist, während der Codestreifen **222** am Innenrohr **130** befestigt ist, liefert die zweite abgegebene Wellenform Informationen in Bezug auf die Bewegungsrichtung des Außenrohres **120** relativ zum Innenrohr **130**.

[0033] [Fig. 3](#) zeigt eine vergrößerte Schnittansicht des Dämpferventils **218**. Das Dämpferventil **218** umfasst einen Primärpfad für den Öldurchfluss zwischen den Kammern **216**, **217** und einen Hilfspfad, der in Verbindung mit dem Primärpfad wirkt. Der Primärpfad wird über einen im Wesentlichen zylindrischen Ventilschieber **310** erleichtert, der unter dem Motor **221** angeordnet ist. Die bewegliche Motorwelle **312** ist mit dem Ventilschieber **310** verbunden und bewegt diesen entlang der Längsachse, wenn sie vom Dämpfungsregler **160** betätigt wird. Der Hilfspfad wird über einen Feedback-Kolben **313** erleichtert, der im Hohlraum des Ventilschiebers **310** angeordnet ist. Beide Pfade können benutzt werden, wenn das Aufhängungssystem auf eine Erhebung trifft.

[0034] Es wird nunmehr der Primärpfad beschrieben. Das Schieberventil **310** ist mit einem Paar von geschlitzten Umfangsöffnungen **311a**, **311b** versehen. In entsprechender Weise weist der Kolbenverbindungsschaft **240** ein Paar von beabstandeten Nuten **323**, **324** auf, die entlang eines Umfanges derselben ausgebildet sind. Eine Nut **323** ist über dem Flansch **223** angeordnet, während die andere Nut **324** unter dem Flansch angeordnet ist. Die Nuten **323**, **324** stehen mit Kammern **216**, **217** über entsprechende Radialkanäle **325**, **326** in Verbindung. Wenn das Fahrzeug auf eine Erhebung trifft, dringt Öl in der Kammer **217** in den Kanal **326** ein, fließt durch die Nut **324** und ihre entsprechende Öffnung **311b** und strömt dann durch die andere Öffnung **311a** durch die Nut **323** und aus dem Radialkanal **325** heraus.

[0035] Somit bilden die Schlitzöffnungen **311a**, **311b** des Schieberventils **310** und die Nuten **323**, **325** des Kolbenverbindungsschaftes **240** einen Primärpfad zum Fördern des viskosen Strömungsmittels zwischen den beiden Kammern **217**, **216**. Die viskose Flüssigkeit fließt von der unteren Kammer **216** zur oberen Kammer **217** während der Kompression des Dämpfers **210**, d. h. des „Abwärtshubes“. Die Flüssigkeit fließt in der entgegengesetzten Richtung während der Expansion des Dämpfers nach einem Aufprall, d. h. während des „Aufwärtshubes“.

[0036] Der Motor **221** regelt das Dämpfungsverhalten des Dämpfers **210** durch Bewegung des Schieberventils **310** in Bezug auf den Kolbenverbindungsschaft **240** zur Einstellung der Ausrichtung zwischen den Schlitzöffnungen **311a**, **311b** des Schieberventils **310** und der entsprechenden Nuten **323**, **325** des Kolbenverbindungsschaftes **320**. Wenn die Öffnungen und die Nuten eine sehr kleine Überlappung besitzen, d. h. fehlausgerichtet sind, resultiert eine große Dämpfungskraft. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Öl oder die andere viskose Flüssigkeit Turbulenzen erfährt, während sie eine Öffnung mit einem kleinen Querschnitt passiert, wenn sie sich von einer Kammer **216**, **217** zur anderen Kammer **217**, **216** bewegt. Wenn im Gegensatz dazu die Öffnungen und die Nuten eine große Überlappung besitzen, d. h. ausgerichtet sind, resultiert eine kleine Dämpfungskraft, da die Öffnung einen großen Querschnitt besitzt.

[0037] Die vorstehend erwähnte Unterstützungsfeder, die über dem Motor **221** angeordnet ist, wie in [Fig. 2](#) gezeigt, stellt die Standardposition des Schieberventils **310** relativ zum Kolbenverbindungsschaft **240** ein, wenn vom Motor **221** keine Kraft aufgebracht wird. Wenn daher vom Motor keine Kraft aufgebracht wird oder die Kraftaufbringung unterbrochen ist, legt die Unterstützungsfeder **250** die Position des Schieberventils **210** fest und regelt auf diese Weise das Dämpfungsverhalten des Dämpfers **210**. Diese Anordnung ist gegenüber einer Dämpfungskraft von Null überlegen, die ohne die Unterstützungsfeder **250** vorhanden wäre, wenn die Stromzufuhr zum Motor **221** unterbrochen wird. Die von der Unterstützungsfeder **250** aufgebrachte Kraft sollte so eingestellt sein, dass die Standardposition des Schieberventils **310** an einem Mittelpunkt eines Positionsbereiches, der vom Schieberventil **310** während des Betriebes des Fahrzeuges durchlaufen wird, eingestellt wird. Diese Kraftauswahl führt zu einem geringeren Stromverbrauch und zu einer größeren Batterielebensdauer, da die Bewegung der Motorwelle **312** während des Betriebes des Fahrrades minimiert wird.

[0038] Als Nächstes wird der Hilfspfad erläutert. Der Hilfspfad umfasst ein Dualrückschlagventil **360** mit einer oberen Rückschlagkugel **362**, einer Dualrückschlagfeder **361** und einer unteren Rückschlagkugel **363**. Die Dualrückschlagfeder **361** drückt die obere Rückschlagkugel **362** gegen die Öffnung eines oberen Rückschlagkanals **364**, der mit der Kammer **216** in Verbindung steht. Die Dualrückschlagfeder **361** drückt ferner die untere Rückschlagkugel **363** gegen eine entsprechende Öffnung eines unteren Rückschlagkanals **365**, der mit der Kammer **217** in Verbindung steht.

[0039] Wenn der Strömungsmitteldruck in der unteren Kammer **217** während der Kompression groß genug wird, um die von der Dualrückschlagfeder **361** auf die untere Rückschlagkugel **363** ausgeübte Kraft zu überwinden, bewegt sich die untere Rückschlagkugel **363** in Richtung auf die obere Rückschlagkugel **362**, so dass auf diese Weise das viskose Strömungsmittel durch den unteren Rückschlagkanal **365** in den Hilfskanal **370** strömen kann, indem es Druck auf den Feedback-Kolben **313** ausübt. Wenn in entsprechender Weise der Strömungsmitteldruck in der oberen Kammer **216** während der Expansion groß genug wird, um die von der Dualrückschlagfeder **361** auf die obere Rückschlagkugel **362** ausgeübte Kraft zu überwinden, bewegt sich die obere Rückschlagkugel **362** in Richtung auf die untere Rückschlagkugel **363**, so dass auf diese Weise das viskose Strömungsmittel durch den oberen Rückschlagkanal **364** strömen und sich entlang dem Hilfskanal **370** bewegen kann, wodurch wiederum Druck auf den Feedback-Kolben **313** ausgeübt wird.

[0040] Das Dualrückschlagventil **360** dient zwei Zwecken. Wenn der auf den Feedback-Kolben **313** aufgebrachte Druck größer ist als der von der Kraft der Dualrückschlagfeder **361** definierte Schwellenwert, spannt das Dualrückschlagventil **360** den Dämpfer **210** vor. Speziell wird die zur Bewegung des Schieberventils **310** erforderliche Kraft durch die Größe des vom viskosen Strömungsmittel auf den Feedback-Kolben **313** ausgeübten Drucks beeinflusst. Wenn der Motor **221** das Schieberventil **310** nach unten drückt, muss er eine ausreichend große Kraft aufbringen, um den vom viskosen Strömungsmittel auf den Feedback-Kolben **313** ausgeübten Druck zu überwinden. Wenn umgekehrt der Motor **221** das Schieberventil **310** nach oben zieht, wird er durch den vom viskosen Strömungsmittel auf den Feedback-Kolben **313** ausgeübten Druck unterstützt.

[0041] Zusätzlich zum Vorspannen des Dämpferventils **218** setzt das Dualrückschlagventil **360** den Dämpfer **210** in die Lage, rasch auf plötzliche Stoßbelastungen anzusprechen, die durch steile Erhebungen entstehen können, ohne auf den Motor **221** zu warten, damit dieser die Position des Schieberventils **310** verändert. Durch einen ausreichend großen Druck, der vom viskosen Strömungsmittel auf den Feedback-Kolben **313** ausgeübt

wird, wird das Schieberventil **310** so bewegt, dass viskoses Strömungsmittel von der unteren Kammer **217** zur oberen Kammer **216** strömen kann und den durch die Erhebung verursachten Aufprall dämpfen kann. Im Gegensatz dazu ist der aus der normalen Pedalbewegung des Fahrers resultierende Druck nicht groß genug, um die von der Dualrückschlagfeder **361** aufgebrachte Kraft zu überwinden. Daher setzt das Dualrückschlagventil **360** den Dämpfer **210** in die Lage, auf große Erhebungen im Terrain anzusprechen, ohne die aus der Pedalbewegung des Fahrers resultierende Energie zu absorbieren.

[0042] Bei der bevorzugten Ausführungsform besitzt das Dämpferventil **218** einen Gehäusedurchmesser von 1,3 cm (0,5 Zoll) und eine Gehäuselänge von 7,62 cm (3,0 Zoll).

[0043] Die Gesamteinheit arbeitet bei einer maximalen Umgebungstemperatur von 54°C (139°F) und verbraucht weniger als 1,0 W bei Spannungen von 3,0 V bis 12,0 V. Andere Betriebsparameter umfassen eine minimale Betriebsfrequenz von zwischen 300–500 Hz, einen maximalen Durchsatz von $2,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ (0,4 GPM) bei 6.895 kPa (1.000 psi), eine maximale Leckage von $1,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ (0,02 GPM) bei 6.895 kPa (1.000 psi) und einen minimalen Entspannungsdruck von 3.448 kPa (500 psi).

[0044] Die Konstruktion des aktiven Aufhängungssystems ermöglicht die Verwendung eines Motors **221** mit geringem Gewicht zum Regeln des Dämpferventils **218**. Bei der bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei dem Motor **221** um einen nichtkommutierten Gleichstromlinearmotor (NCDCLM) mit sich bewegender Spule, der von der Firma Normag erhältlich ist. Der NCDCLM-Motor besteht aus einer hohlen zylindrischen Spule, die sich in einem Luftspalt bewegt, der von konzentrischen kreisförmigen Polstücken gebildet wird. Die Pole werden durch Seltenerd-Permanentmagneten radial magnetisiert. Durch das Anlegen einer Gleichspannung mit einer ersten Polarität wird die Spule mit einer konstanten Kraft herausbewegt. Durch Reversieren der Polarität wird die Spule zurückgezogen. Der NCDCLM-Motor erzeugt eine konstante und reversible Kraft über den gesamten Hub und ist ideal geeignet für einen Kurzhubbetrieb (0,25 mm bis 127 mm)(0,01 Zoll bis 5 Zoll). Er besitzt eine sehr kurze Ansprechzeit infolge einer niedrigen ($\ll 1 \text{ msec}$) elektrischen Zeitkonstanten, hat ein leichteres sich bewegendes Element, das größere Beschleunigungen ermöglicht, und ist kompakt mit einem Außendurchmesser von 12,7 mm (0,5 Zoll).

[0045] [Fig. 4](#) zeigt eine Betriebsübersicht des vorgeschlagenen Gesamtsystems. Speziell zeigt diese Figur die Hauptkomponenten des aktiven Aufhängungssystems und die zwischen diesen Komponenten übermittelten Daten. Wie in [Fig. 4](#) gezeigt, besitzt das Gesamtsystem eine auf einem Fahrrad basierende Komponente **402** und eine auf einem externen Personalcomputer basierende Komponente, d. h. eine PC-basierte Komponente **404**.

[0046] Die auf dem Fahrrad basierende Komponente **402** umfasst die vorstehend beschriebene Dämpfereinheit **210** sowie einen nachfolgend beschriebenen Dämpfungsregler **160**. Sie besitzt ferner eine Operator-schnittstelle **162**, die mit dem Regler assoziiert ist, sowie die vorstehend erwähnte Stromquelle **165**. Die Dämpfereinheit **210** tastet Terraininformationen ab, indem sie auf die Energie reagiert, welche durch Stöße beim Fahren auf einem Terrain eingegeben wird. Diese Informationen werden dem Dämpfungsregler **160** in der Form von Informationen über die Position des Innenrohres **130** relativ zum Außenrohr **120** und die Bewegungsrichtung des einen Rohres relativ zum anderen zugeführt. Diese Positionsinformationen werden dann dem Dämpfungsregler **160** zugeleitet.

[0047] Der Dämpfungsregler **160** berechnet die Geschwindigkeit des Innenrohres **130** relativ zum Außenrohr **120**, um die Größe der Erhebung zu ermitteln. Die berechneten Geschwindigkeits- und Positionsinformationen werden in Verbindung mit vom Benutzer ausgewählten Regelkarten dazu verwendet, eine geeignete Größe einer Kraft zu berechnen, die in Ansprache auf den Stoß bzw. die Erhebung aufzubringen ist. Das Kraftniveau wird vom Dämpfungsregler **160** eingestellt, indem Regelsignale dem Motor **221** zugeführt werden, der die Position des Schieberventils **310** relativ zu den Nuten des Kolbenverbindungsschaftes einstellt. Diese Schritte werden jede Sekunde vielfach durchgeführt, um eine aktive Realzeitdämpfung zu erreichen.

[0048] Die PC-basierte Komponente **404** umfasst einen externen Computer mit einem zugehörigen Speicher **406**. Auf der PC-basierten Komponente befindet sich ein Designwerkzeug **408** zum Spezifizieren und Herunterladen von Regelkarten (nachfolgend beschrieben) in den Dämpfungsregler **160**. Hier kann ebenfalls Software **410** zum Steuern der Funktionsweise des Dämpfungsreglers **160** vorhanden sein. Ferner kann der Dämpfungsregler **160** auf Anforderungen vom PC-basierten System Informationen heraufladen, die er gespeichert hat. Das Herunterladen und Heraufladen werden vorzugsweise über eine Infrarotdatenübertragung durchgeführt, obwohl auch eine Verkabelung, drahtlose Datenübertragungen, Modems und andere Datenaustauscheinrichtungen verwendet werden können.

[0049] Wenn ein Fahrer auf eine Erhebung trifft, erfährt der Dämpfer **210** eine Eingangsdruckkraft, die bewirkt, dass das Außenrohr **120** und der befestigte Dämpfer **210** axial in Richtung auf das Innenrohr **130** gleiten (Kompression). Diese Kompression bewirkt, dass der Druck unter dem Kolbenverbindungsschaft **240** in der unteren Kammer **217** größer wird als der Druck über dem Kolbenverbindungsschaft **240** in der oberen Kammer **216**. Diese Druckdifferenz verursacht, dass sich das viskose Strömungsmittel entlang dem Primärpfad von der unteren Kammer **217** zur oberen Kammer **216** bewegt. Wenn diese Druckdifferenz groß genug ist, um die von der Feder **361** auf die untere Rückschlagkugel **363** des Dualrückschlagventils **360** ausgeübte Kraft zu überwinden, strömt das viskose Strömungsmittel auch entlang dem Hilfskanal **370**, um Druck auf den Feedback-Kolben **313** auszuüben.

[0050] Durch den Strom des viskosen Strömungsmittels von der unteren Kammer **217** kann sich das Außenrohr **120** weiterhin axial in Richtung auf das Innenrohr **130** bewegen. Mit anderen Worten, die Rohreinheit **120**, **130** wird weiterhin komprimiert.

[0051] Wie vorstehend beschrieben, erzeugt der Sensor **201** zwei Wellenformen auf zwei Sensorleitungen **223**, die mit dem Dämpfungsregler **160** verbunden sind. Diese Wellenformen codieren Informationen in Bezug auf die Relativposition und Bewegungsrichtung des Außenrohres **120** zum Innenrohr **130**. Der Dämpferregler kann dann diese Informationen benutzen, um die Relativgeschwindigkeit zu berechnen. Zusammen geben diese Informationen die vorhandenen Terrainbedingungen wieder. Beispielsweise ist die Relativgeschwindigkeit zwischen dem Innenrohr und Außenrohr größer, wenn das Fahrrad eine größere Erhebung passiert, als wenn es eine kleinere Erhebung passiert. Der Dämpfungsregler **160** benutzt die Geschwindigkeits-, Positions- und Richtungsinformationen zum Regeln des Dämpfungsverhaltens der Dämpfereinheit **210** in Abhängigkeit von den Dämpfungspräferenzen des Fahrers.

[0052] [Fig. 5](#) zeigt eine externe Ansicht des Dämpfungsreglers **160**, wobei die fahrradbasierte Nutzerschnittstelle **500** zum aktiven Dämpfungssystem dargestellt ist. Die Schnittstelle **500** ist mit einem Wählschalter **510** versehen, der einen Fahrer in die Lage versetzt, eine von fünf programmierbaren Funktionen in der Form von Regelkarten (nachfolgend beschrieben) auszuwählen. Es versteht sich, dass natürlich jede beliebige Anzahl von Regelkarten vorgesehen sein kann, falls gewünscht.

[0053] Die Schnittstelle besitzt ferner ein Display, das eine Reihe von LEDs **520** aufweist, um anzuzeigen, welche der fünf Regelkarten ausgewählt wurde. Ferner können die LEDs individuell oder zusammen getaktet oder in anderer Weise codiert sein, um spezielle Bedingungen zu kennzeichnen. Andere Displays, wie Flüssigkristallvorrichtungen, die diese Informationen zusammen mit anderen Zustandsdaten anzeigen, können anstelle der LEDs oder zusätzlich zu diesen vorgesehen sein.

[0054] Die Schnittstelle **500** ist ferner mit einer Fassung **540** versehen, in die ein elektrischer Verbinder gesteckt werden kann. Der elektrische Verbinder kann dazu verwendet werden, um Positions- und Richtungsinformationen vom Sensor **201** zu liefern und den Motor **221** zu aktivieren. Ein EIN/AUS-SPDT-Schalter **525** ist für den Fahrer vorgesehen, damit dieser den Dämpfungsregler **160** ein- und ausschalten kann. Eine Batteriekammer **550**, die zum Dämpfungsregler **550** gehört, nimmt eine Batterie auf, die den erforderlichen Strom für die Dämpfungsreglerschaltung **600** der [Fig. 6](#) liefert.

[0055] Schließlich ist die Schnittstelle mit einem Paar von Lernschaltern **560** versehen, die aktiviert werden können, um zeitweise Daten zu speichern, die durch das Fahren auf einem speziellen Terrain gesammelt worden sind. Diese Daten können in einem DRAM zeitweise gespeichert werden, um nachfolgend auf einen externen Computer geladen zu werden. Ein Infrarot(IR)-Anschluss **530** erleichtert die Kommunikation mit der PC-basierten Komponente zum Heraufladen von solchen Daten und zum Herunterladen von Regelkarten und anderer Software. Wie vorstehend erläutert, können anstelle des IR-Anschlusses auch andere Datenverbindungen verwendet werden.

[0056] [Fig. 6](#) zeigt ein Blockdiagramm der Dämpferreglerschaltung **600**. Im Betrieb zieht der Dämpfungsregler **160** einen maximalen Strom von 60 mA, während der Motor einen maximalen Strom von 300 mA zieht. Die Stromzuführung zur Reglerschaltung wird über eine 9V-Batterie **602** bewerkstelligt. Die manuelle und automatische Stilllegeschaltung **604** zur Regelung der Stromzufuhr führt den Dämpfungsregler **160** in einem Zyklus zwischen einem aktiven Modus und einem Schlafmodus, um Strom zu sparen und die Batterielebensdauer zu verlängern. Eine Detektionsschaltung **603** für eine niedrige Batteriespannung detektiert einen Abfall der von der 9V-Batterie **602** gelieferten Spannung unter einen akzeptierbaren Spannungswert. Bei der bevorzugten Ausführungsform liegt die akzeptierbare Spannung bei 7,2 V. Ein Spannungsregler **605**, der als Teil LP2951ACM verwirklicht ist, akzeptiert eine schlecht spezifizierte und möglicherweise schwankende Ein-

gangsgleichspannung und erzeugt aus dieser eine konstante, gut spezifizierte Ausgangsspannung, die dann als Versorgungsspannung für den Rest der Schaltung verwendet werden kann.

[0057] Eine Kartenwählschaltung **606** codiert die Regelkartenauswahl, die vom Fahrer mit dem Kartenwählschalter **510** vorgenommen wurde. Bei der bevorzugten Ausführungsform kann der Fahrer eine von fünf Regelkarten auswählen. Daher bewirkt der Kartenwählschalter **510**, dass die Kartenwählschaltung drei Bits zur Kennzeichnung der fünf möglichen Werte abgibt. Bei der bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei der Kartenwählschaltung **510** um einen binär codierten Dezimaldreheschalter (BCD) mit fünf Positionen, der von der Firma Grayhill (Teilnummer 26ASD22-01-1-AJS) erhältlich ist. Wie vorstehend erläutert, können der Kartenwählschalter **510** und die Kartenwählschaltung **606** auch erweitert sein, um mehr als fünf Regelkarten zu unterstützen, falls erforderlich.

[0058] Ein elektrisch löscher programmierbarer Read-Only-Speicher (EEPROM) **609** entspricht dem Teil Nr. X25642 von der Firma Xicor. Andere Formen von nichtflüchtigen Speichern, wie ROMS, PROMS u. ä., können ebenfalls Verwendung finden, wenn eine Löscharbeit nicht erforderlich ist. In einem derartigen Fall sind die Daten dieser Einheiten hartverdrahtet, wodurch eine reduzierte Flexibilität geboten wird. Der EEPROM **609** speichert die Regelkarten und Konfigurationsdaten für das System. Die Konfigurationsdaten umfassen Schlaf- und Totzeitparameter, die dazu benutzt werden, den Dämpfungsregler **160** automatisch in einen Schlafzustand zu bewegen und diesen automatisch zu deaktivieren. Der EEPROM **609** speichert ferner Kalibrierungsdaten und periphere Fahrerinformationen. Die Kalibrierungsdaten werden benutzt, um Daten in den Regelkarten in Spannungsregelkarten für andere Dämpferventile **218** zu übersetzen.

[0059] Wie vorstehend erläutert, gibt der am Außenrohr **120** des Dämpfers **210** angeordnete Sensor **201** zwei Signale ab, die Positions- und Richtungsinformationen in Bezug auf die Bewegung des Innenrohres **120** relativ zum Außenrohr **120** liefern. Das Sensorsignal wird direkt dem Prozessor **601** zugeführt. Falls erforderlich, können Puffer und/oder Inverter zwischen dem Sensor **201** und dem Prozessor vorgesehen sein.

[0060] Eine Infrarotverbindung (IR) **608** erleichtert die Datenübertragung zwischen dem Dämpfungsregler **160** und dem externen Computer. Bei der bevorzugten Ausführungsform benutzt die IR-Übertragung **607** eine RS-232-Schnittstelle mit einem Infrarotdatenassoziationschipset von Hewlett Packard (Teilnummern HSDL-1000 und HSDL-7000). Wie vorstehend erläutert, können anstelle der IR-Datenübertragung auch Verkabelungssysteme und andere drahtlose Systeme Verwendung finden.

[0061] Am Herz der Dämpfungsreglerschaltung **600** befindet sich eine Zentraleinheit (CPU) **601**, die als programmierbarer Mikroprozessor verwirklicht ist. Bei der bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei dem Prozessor **601** um Teil Nr. 68HC11, das von der Firma Motorola erhältlich ist.

[0062] Der Prozessor **601** empfängt die Sensoreingangssignale vom Sensor **201**, die Befehlseingangssignale von der Schnittstelle **500** und gibt in Abhängigkeit davon ein Dämpferreglersignal über den Motortreiber **610** an den Motor **221**. Der Prozessor **601** empfängt ferner Zustandsinformationen von der Detektionsschaltung **603** für eine niedrige Batteriespannung, der Schnittstelle **500** und der Datenverbindung **607**, falls benutzt. Diese Zustandsinformationen werden in einem Register gespeichert, das zur Displaytreiberschaltung **611** gehört, und auf dem Display **520** angezeigt. Das Register kann als Latch, wie 74AC573, verwirklicht sein. Schließlich führt der Prozessor **601** auch Informationen, die von der Datenverbindung **607** heruntergeladen wurden, wie beispielsweise Regelkarten, dem EEPROM **609** zu. Wenn die Datenverbindung **607** in geeigneter Weise konfiguriert ist, um Informationen abzugeben, kann der Prozessor **601** Daten von einem DRAM oder einem flüchtigen Speicher über die Datenverbindung **607** aufladen.

[0063] Wenn ein Benutzer eine der Regelkarten unter Verwendung des Kartenwählschalters **510** auswählt, setzt der Prozessor **601** ein Kennzeichen zum Identifizieren, welche der im EEPROM **609** gespeicherten Regelkarten verwendet werden soll. Der Prozessor überwacht dann die Eingänge vom Sensor **201** und ermittelt die gegenwärtige Geschwindigkeit und Position des Innenrohres **120** relativ zum Außenrohr **120**. Unter Verwendung dieser Informationen konsultiert der Prozessor die ausgewählte Regelkarte zur Ermittlung der gewünschten momentanen Dämpfungskraft (DIDF), die in diesem Augenblick aufgebracht werden soll, um den Auswirkungen der dann erfahrenen Stoßbelastung entgegenzuwirken.

[0064] Der Prozessor **601** benutzt die gewünschten momentanen Dämpfungskraftinformationen zusammen mit den Dämpferkalibrierungsdaten, um geeignete Dämpferreglersignale **614** zu berechnen und abzugeben. Die Dämpferreglersignale **614** enthalten Größen- und Polaritätsinformationen, die einem Motortreiber **610** zugeführt werden, um schließlich den Motor **221** zu betätigen.

[0065] Der Motortreiber **610** wandelt die Dämpferregelsignale **614** in eine Spannung der geeigneten Größe und Polarität um, die dem Motor **221** zugeführt werden soll. Hierzu besitzt der Motortreiber **610** einen Digital-Analog-Wandler (DAC), nämlich Teil Nr. MAX538, der einen seriellen Anschluss und eine H-Brückenschaltung, nämlich Teil Nr. A39525W, besitzt. Der DAC wandelt ein digitales Dämpferregelsignal **614** in ein Analogsignal um, das an die H-Brückenschaltung zu legen ist. Die H-Brückenschaltung benutzt dieses Signal zusammen mit der Polaritätsinformation zum Antreiben des Motors **221**.

[0066] Wie vorstehend erläutert, stellt der Motor die Position des Schieberventils **310** ein. Hierdurch wird wiederum die Größe der durch die Ausrichtung der Umfangsöffnungen **311a**, **311b** des Schieberventils mit den Nuten **323**, **325** des Kolbenverbindungsschaftes **240** gebildeten Öffnung geregelt. Durch diese Öffnung wird der Durchfluss des viskosen Strömungsmittels zwischen den Kammern **216**, **217** des Dämpfers **210** geregelt, wodurch die Dämpfungskraft zur Verfügung gestellt wird. Dieser Prozess wird viele Male pro Sekunde wiederholt.

[0067] Das Dämpfungsverhalten des Dämpfungsreglers **160** wird ermittelt, indem eine von diversen (fünf bei der bevorzugten Ausführungsform) Regelkarten ausgewählt wird. Wie vorstehend erläutert, werden die Regelkarten auf einem externen Computer entwickelt und auf den Dämpfungsregler heruntergeladen.

[0068] Die [Fig. 7a–Fig. 7d](#) zeigen graphische Darstellungen einer beispielhaften Regelkarte, die dazu benutzt wird, das Dämpfungsverhalten des Dämpfers **210** festzulegen. Jede Regelkarte umfasst zwei Paare von Kennfeldern, wobei jedes Kennfeld eine monotone Kurve aufweist. Ein Paar ([Fig. 7a](#), [Fig. 7b](#)) findet Verwendung, wenn das Innenrohr und das Außenrohr aufeinander zu gleiten (Kompression), während das andere Paar ([Fig. 7c](#), [Fig. 7d](#)) Verwendung findet, wenn die Rohre voneinander weg gleiten (Expansion). In jedem Paar gibt ein Kennfeld ([Fig. 7a](#), [Fig. 7c](#)) die Solldämpfungskraft wieder unter Voraussetzung einer Geschwindigkeitsablesung, während das zweite Kennfeld ([Fig. 7b](#), [Fig. 7d](#)) einen Modifikator für die Solldämpfungskraft zeigt.

[0069] Der Dämpfungsvorgang wird in Verbindung mit den [Fig. 7a](#) und [Fig. 7b](#) erläutert. [Fig. 7a](#) zeigt die Solldämpfungskraft in Abhängigkeit von der relativen Geschwindigkeit (in cm/sec) des Außenrohres **120** relativ zum Innenrohr **130** zur Kompression. [Fig. 7b](#) zeigt einen Solldämpfungskraftmodifikator als Funktion der relativen Position (in cm) des Innenrohres **130** und des Außenrohres **120** relativ zu einer Ausgangsposition.

[0070] Wenn die Rohreinheit **120**, **130** komprimiert wird, berechnet der Prozessor **601** die Dämpferregelung, die zu einer vorgegebenen Relativgeschwindigkeit und Relativposition gehört, auf der Basis der Informationen von [Fig. 7a](#) und [Fig. 7b](#). Der Kraftwert wird als erstes aus [Fig. 7a](#) gelesen, und dieser Wert wird mit dem aus [Fig. 7b](#) gelesenen Kraftmodifikator multipliziert. Hierdurch wird die gewünschte momentane Dämpfungskraft (DIDF) auf der Basis der Geschwindigkeit, Position und Richtung der beiden Rohre erzeugt.

[0071] Der Prozessor setzt dann die Größe der an den Motor **221** gelegten Spannung unter Verwendung der DIDF fest. Dies wird verwirklicht, indem die im EEPROM **609** gespeicherten Kalibrierungsdaten benutzt werden. Die Kalibrierungsdaten können viele Ausführungsformen annehmen. Beispielsweise kann es sich einfach um eine Nachschlagtabelle handeln, die eine DIDF für eine spezielle Spannung enthält, welche an den Motortreiber **610** zu legen ist. Stattdessen kann es sich auch um eine Vielzahl von Parametern handeln, die zusammen mit der DIDF in einer komplexeren Erzeugungsfunktion verwendet werden, wie beispielsweise einer linearen oder sogar nichtlinearen, polynomen o. ä. Funktion.

[0072] In welcher Form sie auch immer vorliegen, sind die Kalibrierungsdaten spezifisch für eine spezielle Dämpfereinheit **210** und hängen stark von den Eigenschaften des Motors **221**, der Größe der Rohre **120**, **130** und natürlich vom Dämpferventil **218** ab. Daher wird eine Kalibrierung, die die Ermittlung der verschiedenen Parameter und möglicherweise auch der Erzeugungsfunktion enthalten kann, vorzugsweise zum Zeitpunkt der Herstellung der Dämpfereinheit **210** vorgenommen. Während der Kalibrierung findet eine Dehnungsmesseinrichtung oder eine entsprechende Einrichtung Verwendung, um die Ausgangskraft der Einheit **210** zu messen, wenn die Eingangsspannung des Motors eingestellt wird, und zwar unter verschiedenen Bedingungen der Relativgeschwindigkeit und Relativposition. Diese Daten können dann benutzt werden, um ein Modell der Dämpfereinheit unter Verwendung von bekannten Techniken zu entwickeln.

[0073] Wenn die Geschwindigkeit sehr hoch ist, bedeutet dies, dass auf eine große Erhebung getroffen worden ist. Wenn die Geschwindigkeit sehr hoch ist, wird im Kennfeld der [Fig. 7a](#) eine sehr kleine Dämpfungskraft aufgebracht, so dass die Öffnung groß ist. Somit kann das viskose Strömungsmittel frei von der Kammer **217** zur Kammer **216** strömen. Dies deswegen, weil man die große Energiemenge vernichten und die aus der gro-

ßen Erhebung resultierende Stoßbelastung für den Fahrer reduzieren will. Geringere Geschwindigkeiten bedeuten mehr graduelle Erhebungen. Daher ist in [Fig. 7a](#) die Solldämpfungskraft etwas größer, da die Stoßbelastung für die Fahrer etwas geringer ist. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass in [Fig. 7a](#) die minimale Solldämpfungskraft etwa 20 beträgt. Dies ist die Kraft, die von der vorstehend beschriebenen Vorspannungsunterstützungsfeder **250** aufgebracht wird.

[0074] [Fig. 7b](#) zeigt, dass der Kraftvervielfacher während der Kompression sehr hoch ist, wenn sich das Innenrohr und Außenrohr bis zu einem Extremwert bewegt haben. Dies ist deswegen der Fall, weil man nicht wünscht, dass sich das Innenrohr und Außenrohr relativ zueinander nach unten herausbewegen. Durch die Multiplikation der Solldämpfungskraft (d. h. Schließen der Öffnung) wird die Wahrscheinlichkeit, dass ein solcher Fall auftritt, reduziert.

[0075] Die [Fig. 7c](#) und [Fig. 7d](#) enthalten ähnliche Informationen wie die Diagramme der [Fig. 7a](#) und [Fig. 7b](#), mit der Ausnahme, dass [Fig. 7c](#) und [Fig. 7d](#) während der Expansion Verwendung finden.

[0076] Wie vorstehend erläutert, findet jede Regelkarte Verwendung unter Einsatz einer Nachschlagtabelle, in der enge Bereiche von Geschwindigkeiten oder Positionen in Werte für Solldämpfungskräfte und Kraftvervielfacher umgerechnet sind. Die Regelkarten können auch in der Form von algebraischen Funktionen realisiert sein, die diese Werte berechnen. Bei der bevorzugten Ausführungsform besetzen jedoch die Regelkarten 1.096 Speicherbytes, welche 64 Bytes für gemischte Daten, einschließlich Prüfsummenergebnisse, enthalten. Somit ist für fünf Regelkarten etwa ein Raum von 5,5 Kbytes des EEPROM **609** erforderlich. Die Prüfsumme ist die Summe einer Gruppe von Datengegenständen, die der Gruppe für Prüfzwecke zugeordnet sind. Die CPU **601** nimmt auf Prüfsummenergebnisse Bezug, um die Richtigkeit der Daten in den Regelkarten zu verifizieren.

[0077] Die [Fig. 8–Fig. 11](#) erläutern die Funktionsweise der Dämpferreglerschaltung **600** der [Fig. 6](#). Das Ablaufdiagramm der [Fig. 8](#) beschreibt die Funktionsweise des Dämpferreglers **160**, wenn dieser zuerst aktiviert wird.

[0078] In Schritt **800** initialisiert die Zentraleinheit (CPU), die als Prozessor **601** verwirklicht ist, den Prozessor und beginnt den Speicher zu testen.

[0079] Als Nächstes testet der Prozessor **601** in Schritt **801** die Daten im EEPROM **609**, die den Regelkarten zugeordnet sind. Die Regelkartendaten und die Prüfsummendaten werden untersucht, um zu ermitteln, ob sie intakt sind. Der Prozessor **601** verifiziert jede Regelkarte durch Vergleichen der berechneten 16 bit als Prüfsumme für die Regelkarte mit den Prüfsummendaten, die im EEPROM **609** gespeichert sind. Wenn die beiden Mengen übereinstimmen, illuminiert der Prozessor die LED **520** entsprechend dieser Regelkarte. Dies informiert den Benutzer, dass die Regelkarte intakt ist. Diese LED wird dann ausgeschaltet, und der Test wird fortgesetzt. Wenn irgendeine Regelkarte den Testsummentest in Schritt **801** nicht besteht, geht die Regelung auf Schritt **802** über.

[0080] In Schritt **802** benutzt der Prozessor **601** eine Fehlerregelkarte, die als Softwaremodul zur Verfügung steht. Wenn eine Fehlerregelkarte verwendet wird, illuminiert die CPU **601** jede LED auf dem Display **611** mit Ausnahme derjenigen, die der Fehlerregelkarte entspricht.

[0081] Die Regelung rückt schließlich zu Schritt **803** vor. In Schritt **803** führt der Prozessor **601** den Prüfsummentest anhand der Kalibrierungsdaten durch. Wenn der Prüfsummentest nicht bestanden wird, rückt die Regelung zu Schritt **804** vor und stoppt der Prozessor. Wenn der Prozessor stoppt, werden sämtliche LEDs **520** illuminiert, um einen Fehlerzustand anzuzeigen. Wenn die Kalibrierungsdaten den Prüfsummentest in Schritt **803** bestehen, rückt die Regelung zu Schritt **804** vor.

[0082] In Schritt **804** prüft der Prozessor, ob eine Verbindung an einen externen Computer vorhanden ist. Hierzu sendet der Prozessor **601** ein ACK-Signal an den externen Computer über die IR-Verbindung **607**. Wenn der externe Computer in Schritt **806** an den Dämpfungsregler **160** ein NACK-Signal zurücksendet, beginnt der Dämpfungsregler **160** mit dem Test/Fabrikmodus **808**. Im Test/Fabrikmodus regelt der externe Computer auf entfernte Weise den Dämpferregler **160**. Regelkarten, Konfigurationsdaten und Kalibrierungsdaten können dann für den Dämpferregler heruntergeladen werden. Der externe Computer sendet Regelkarten ([Fig. 7a–Fig. 7d](#)), Kalibrierungsdaten und Konfigurationsdaten an den Dämpfungsregler **160** unter Verwendung eines Standardpaketprotokolls. Der Dämpfungsregler **160** speichert diese Daten im EEPROM **609**. Nach dem Eintritt in den Test/Fabrikmodus **806** muss der Dämpfungsregler **160** ausgeschaltet werden, bevor er mit

dem Reglermodus beginnen kann. Wenn der Prozessor ausgeschaltet ist, während er ein NACK-Signal **806**, **807** vom externen Computer erwartet, bedeutet dies, dass sich das System im Betriebsmodus befindet, so dass die Regelung zu Schritt **809** übergeht.

[0083] In Schritt **809** führt der Prozessor **601** eine Prüfsummenverifikation mit den Systemkonstanten **809** im EEPROM **609** durch. Wenn dies nicht gelingt, werden Fehlerwerte in Schritt **810** eingegeben. Nachdem Systemkonstanten entweder verifiziert oder eingegeben worden sind, werden irgendwelche anderen verbleibenden Konstanten in Schritt **811** eingegeben, und die Regelung rückt zu Schritt **812** vor, in dem das aktive Dämpfungssystem mit dem Reglermodus beginnt.

[0084] Wie in [Fig. 9](#) gezeigt, pausiert das System beim Eintritt in den Reglermodus in Schritt **901** 2 msec lang in Bezug auf jede Aktivität, um zur Ruhe zu kommen, bevor mit Schritt **902** fortgefahren wird, in dem das System mit einem Schlaf/Überwachungszyklus beginnt.

[0085] In Schritt **902** ermittelt der Prozessor **601**, ob ein interner Schlaftimer abgelaufen ist. Wenn dies der Fall ist, bewirkt der Prozessor einen Schlafvorgang für eine vorgegebene Zeitdauer in Schritt **903**. Wie in [Fig. 11](#) gezeigt, wird der Schlaftimer rückgesetzt, wenn die vom Sensor **201** empfangene relative Geschwindigkeit ungleich Null ist. Der Schlaftimer wird ferner rückgesetzt, wenn der Fahrer den Regelkartenwählschalter **510** verändert. Wenn der Schlaftimer noch nicht abgelaufen ist, wird die Überwachung mit den Schritten **904–910** fortgesetzt.

[0086] Als Erstes werden die relative Dämpferposition **904** und die relative Dämpfergeschwindigkeit **905** berechnet, wie in [Fig. 10](#) gezeigt. In Schritt **906** werden die Solldämpfungskraft und dann in Schritt **907** der Kraftmodifikator auf der Basis der ausgewählten Regelkarte gewonnen. In Schritt **908** wird die DIDF berechnet. In der Praxis handelt es sich bei der Sollkraft um einen 8 bit-Wert, der dann durch den Kraftmodifikator in einen anderen 8 bit-Wert umgewandelt wird. Das Ergebnis dieser Umwandlung wird dann normalisiert, indem die resultierenden bits so geshiftet werden, dass eine 8 bit-DIDF erzeugt wird.

[0087] In Schritt **909** werden die Kalibrierungsdaten verwendet, um die Dämpferregelsignale **614** aus der DIDF zu erzeugen. Obwohl unterschiedliche Kalibrierungsdaten für unterschiedliche Modelle von Dämpfereinheiten **210** benötigt werden, gibt es nur einen geringen Unterschied zwischen Dämpfereinheiten mit dem gleichen Design. Die Kalibrierungsdaten ermöglichen die Verwendung der gleichen Regelkarten mit gleichen Modelldämpfereinheiten. Natürlich können die gleichen Regelkarten auch mit anderen Dämpfereinheiten verwendet werden, wenn Kalibrierungsdaten für diese anderen Dämpfereinheiten zur Verfügung stehen. Um sicherzustellen, dass das System mit unterschiedlichen Dämpfereinheiten verwendet werden kann, können Kalibrierungsdaten für eine Reihe von unterschiedlichen Einheiten eingegeben werden und kann dann bewirkt werden, dass der Prozessor **601** elektronisch überwacht, welche Einheiten installiert worden sind, und zwar über einen zusätzlichen Anschluss oder eine zusätzliche Schnittstelle.

[0088] Schließlich werden in Schritt **910** die Dämpferregelsignale **614** dem Motortreiber **610** zugeführt, um schließlich den Motor zu betreiben, wie vorstehend erläutert.

[0089] [Fig. 10](#) zeigt die Berechnung der relativen Geschwindigkeit zwischen dem Innenrohr **130** und dem Außenrohr **120** (Schritt **905**). In Schritt **1001** liest der Prozessor **601** den Impulsspeicher, der einen Impuls für jede reflektierende Markierung enthält, auf die der Sensor **201** trifft.

[0090] In Schritt **1002** liest der Prozessor **601** dann die zweite Wellenform vom Sensor **201**, der die Richtung der relativen Bewegung zwischen den beiden Rohren codiert. Der Algorithmus ermittelt das Vorzeichen der Dämpfergeschwindigkeit durch Bezugnahme auf die nachfolgende Tabelle 1.

Tabelle 1 – Logiktable für Dämpferichtung

Vorhergehender Zustand	Momentaner Zustand	Geschwindigkeit
Hoch	Hoch	Positiv (Stoß)
Niedrig	Niedrig	Negativ (Rückstoß)
Niedrig	Hoch	0
Hoch	Niedrig	0

[0091] In Schritt **1003** wird das vorhandene up/down-bit von dieser zweiten Wellenform mit dem vorhergehenden verglichen. Wenn diese unterschiedlich sind, bedeutet das, dass sich die Richtung verändert hat, so dass die Geschwindigkeit in diesem Fall in Schritt **1006** auf Null gesetzt wird.

[0092] Wenn diese gleich sind, bedeutet das, dass sich das eine Rohr in der gleichen Richtung wie vorher relativ zum anderen Rohr bewegt. Daher wird die Geschwindigkeit dieser Bewegung in Schritt **1004** ermittelt. Der Algorithmus berechnet die Dämpfergeschwindigkeit auf der Basis der Anzahl von Positionstakten, die durch Impulse in den Positionsinformationen repräsentiert sind, welche vom Sensor **201** zugeführt wurden, wobei diese in dem Zeitraum auftreten, der zwischen zwei Regelschleifeniterationen **1004** abgelaufen ist. Genauer gesagt, die Dämpfergeschwindigkeit wird als die Anzahl von Positionstakten multipliziert mit der Distanz zwischen reflektierenden Markierungen auf dem Codestreifen dividiert durch die Regelschleifenperiode berechnet. Aufgrund dieses Schemas kann das System die Geschwindigkeit in Schritten von 0,83 Zoll/sec messen, wenn die minimale Distanz zwischen den reflektierenden Markierungen auf dem Codestreifen 0,0013 Zoll und die Regelschleifenperiode 0,002 sec betragen.

[0093] In Schritt **1005** wird das momentane up/down-bit für einen zukünftigen Vergleich mit dem nächsten up/down-bit gespeichert. Hiernach wird die Geschwindigkeit in Schritt **1007** geprüft, um festzustellen, ob diese Null ist. Wenn sie nicht Null ist, setzt der Algorithmus den Überwachungstimer in Schritt **1008** auf Null zurück, um zu verhindern, dass das System in den Schlafmodus eintritt. Durch das Rücksetzen des Überwachungstimers wird das System ferner aus dem Schlafzustand herausgeführt, wenn die Vorrichtung sich im Schlafzustand befunden hat.

[0094] Schließlich führt der Algorithmus in Schritt **1009** die berechnete Geschwindigkeit zur Hauptregelschleife des Dämpfungsreglers **160** zurück, in der sie benutzt wird, um die Dämpferregelsignale zu berechnen, wie vorstehend erläutert.

[0095] [Fig. 11](#) zeigt den Schlafmodus. Beim Eintreten in den Schlafmodus schaltet das Schaltungssystem **609** zuerst sämtliche peripheren Einrichtungen in Schritt **1101** aus. Dies umfasst solche Gegenstände, wie die Datenverbindung **607**, den Motortreiber **610**. Die LED-Schaltung **611** befindet sich in einem Leistungszyklus von 20%.

[0096] Bei dem Systemtimer handelt es sich um einen einfachen unterbrechungsangetriebenen Zähler, der mit dem langsamsten Takt läuft, welcher am Prozessor **601** zur Verfügung steht. Hierdurch kann das System sehr lange Auszeiten aufweisen, falls es diese erfordert, und der mit der Aufrechterhaltung des Timers verbundene Overhead wird reduziert.

[0097] In Schritt **1102** prüft das System in diesem Schlafmodus, ob es irgendeinen Eingang von einem der Schalter **525**, **560** oder dem Sensor **201** gibt. Wenn dies der Fall ist, rückt die Regelung zu Schritt **1103** vor, um den Reglermodus wieder einzunehmen. Wenn nicht, werden die LEDs mit einer reduzierten Leistung betrieben, wie in Schritt **1104** angedeutet, wonach das System in Schritt **1105** prüft, ob der Schlaftimer abgelaufen ist. Wenn nicht, wird die Schalter- und Sensorüberwachung fortgesetzt. Wenn der Schlaftimer abgelaufen ist, rückt die Regelung zu Schritt **1106** vor und wird das System stillgesetzt. Dies tritt typischerweise auf, wenn der Fahrer vergisst, das System mit dem EIN/AUS-SPDT-Schalter **525** auszuschalten.

[0098] Die Software am externen Computer versieht den Benutzer mit einer freundlichen Umgebung, die eine graphische Nutzerschnittstelle (GUI) umfasst, so dass der Fahrer rasch neue Regelkarten definieren kann. Regelkarten können definiert werden, indem ein Paar von Vektoren erzeugt wird, das entsprechende Kartierungen umfasst. Dies kann durchgeführt werden, indem eine Kartierung einer gewünschten Form unter Verwendung eines Cursors, Lichtstiftes, Track Balls o. ä. angefertigt wird. Alternativ dazu kann man Kartierungen unter Verwendung von mathematischen Gleichungen erzeugen. Andere Wege zur Erzeugung von diesen Kartierungen können ebenfalls Verwendung finden. Die resultierenden Regelkarten können in einem Speicher des externen Computers gespeichert werden, nachdem sie hergestellt worden sind. Sie können später über die Datenverbindung **607** auf den Dämpfungsregler **160** heruntergeladen werden.

Patentansprüche

1. Elektronisches Dämpfungssystem (**100**) für ein Radfahrzeug mit einer Dämpfungseinheit mit einem ersten Element (**120**), einem zweiten Element (**130**), einem Ventil (**218**), das mindestens eine Öffnung aufweist, und einem Motor (**221**), der in Wirkeingriff mit dem Ventil (**218**) steht, um einen Bereich einer jeden der mindestens einen Öffnung zu regeln;

einem Sensor (201), der so ausgebildet ist, dass er mindestens ein Sensorsignal abgibt, das eine Position des ersten Elementes relativ zum zweiten Element (130) anzeigt;
gekennzeichnet durch einen Computer (404) mit Software (410), um einen Benutzer/Fahrer in die Lage zu versetzen, mindestens eine programmierbare Funktion zu definieren; und
einen Dämpfungsregler (160), der elektronisch mit dem Sensor (201) verbunden und so konfiguriert ist, dass er mindestens ein Sensorsignal empfängt, aus dem Sensorsignal ein Regelsignal auf der Basis einer ausgewählten Funktion der mindestens einen programmierbaren Funktion, die vom Benutzer/Fahrer ausgewählt und vom Computer (404) zum Dämpfungsregler (160) übertragen wurde, wobei das Regelsignal einer gewünschten Dämpfungskraft entspricht, berechnet und das abgegebene Regelsignal an den Motor abgibt.

2. Dämpfungssystem (100) nach Anspruch 1, bei dem der Dämpfungsregler (160) umfasst:
eine Berechnungsvorrichtung (601) zum Ermitteln der gewünschten Dämpfungskraft aus dem mindestens einen Sensorsignal unter Verwendung der ausgewählten Funktion von der mindestens einen programmierbaren Funktion; und
einen Motortreiber (610), der elektrisch mit der Berechnungsvorrichtung (601) verbunden ist, um die gewünschte Dämpfungskraft des mindestens einen Regelsignals zu übertragen, wobei das mindestens eine Regelsignal eine Spannung und eine Polarität zum Regeln einer Geschwindigkeit und einer Richtung des Motors (221) aufweist.

3. Dämpfungssystem (100) nach Anspruch 2, bei dem der Dämpfungsregler (160) des Weiteren einen Speicher zum Speichern der mindestens einen programmierbaren Funktion aufweist.

4. Dämpfungssystem (100) nach Anspruch 2, bei dem der Motortreiber (610) umfasst:
einen Digital-Analog-Wandler zum Erzeugen der Spannung zum Regeln der Geschwindigkeit des Motors (221) aus der gewünschten Dämpfungskraft; und
eine H-Brückenschaltung zum Ermitteln der Polarität zum Regeln der Richtung des Motors (221).

5. Dämpfungssystem (100) nach Anspruch 1, bei dem jede der mindestens einen programmierbaren Funktion umfasst:
eine erste Regelkarte für eine Kompression des Dämpfungssystems, die eine Funktion aus der Geschwindigkeit des ersten Elementes (120) relativ zum zweiten Element (130) in Bezug auf einen ersten Zwischendämpfungskraftwert repräsentiert;
eine zweite Regelkarte für eine Kompression des Dämpfungssystems (100), die eine Funktion aus der Position des ersten Elementes (120) relativ zum zweiten Element (130) in Bezug auf einen ersten Dämpfungskraftmodifikator repräsentiert, wobei die gewünschte Dämpfungskraft ein Produkt aus dem ersten Zwischendämpfungskraftwert und dem ersten Dämpfungskraftmodifikator ist;
eine dritte Regelkarte für eine Expansion des Dämpfungssystems (100), die eine Funktion aus der Geschwindigkeit des ersten Elementes (120) relativ zum zweiten Element (130) in Bezug auf einen zweiten Zwischendämpfungskraftwert repräsentiert; und
eine vierte Regelkarte für eine Expansion des Dämpfungssystems (100), die eine Funktion aus der Position des ersten Elementes (120) relativ zum zweiten Element (130) in Bezug auf einen zweiten Dämpfungskraftmodifikator repräsentiert, wobei die gewünschte Dämpfungskraft ein Produkt aus dem Zwischendämpfungskraftwert und dem zweiten Dämpfungskraftmodifikator ist.

6. Dämpfungssystem (100) nach Anspruch 1, bei dem jede der mindestens einen programmierbaren Funktion mindestens eine algebraische Funktion aus der Geschwindigkeit und Position des ersten Elementes (120) relativ zum zweiten Element (130) in Bezug auf die gewünschte Dämpfungskraft umfasst.

7. Dämpfungssystem (100) nach Anspruch 1, das des Weiteren einen externen Computer (404) aufweist, der mindestens einen Eingang/Ausgang besitzt und die mindestens eine programmierbare Funktion von einem Fahrer eingibt sowie die mindestens eine programmierbare Funktion an den Dämpfungsregler (160) abgibt und Terraindaten vom Dämpfungsregler (160) eingibt.

8. Dämpfungssystem nach Anspruch 1, bei dem das erste Element (12) ein Außenrohr ist, das entlang einer Längsachse ausgerichtet ist;
das zweite Element (130) ein Innenrohr ist, das konzentrisch zum Außenrohr (120) ausgebildet und so angeordnet ist, dass es sich entlang der Längsachse relativ zum Außenrohr (120) bewegt;
ein Dämpfer an einem Ende am Außenrohr (120) befestigt ist, der umfasst:
ein im Wesentlichen zylindrisches Dämpferwandelement, das sich entlang der Längsachse erstreckt, wobei mindestens ein Abschnitt des Dämpferwandelementes im Innenrohr (130) angebracht ist;

den im Dämpferwandelement untergebrachten Motor (221), der eine Welle (312) besitzt, die so angeordnet ist, dass sie sich entlang der Längsachse bewegt; und
das in Wirkeingriff mit der Welle (312) stehende Ventil (218), das eine erste und zweite Öffnung aufweist, die im Längsabstand voneinander angeordnet sind;
eine Dichtung (223) zwischen dem Dämpferwandelement und dem Innenrohr (130);
eine erste Kammer (216), die zwischen dem Dämpferwandelement und einem ersten Abschnitt des Innenrohres (130) ausgebildet ist; und
eine zweite Kammer (217), die zwischen dem Dämpferwandelement und einem zweiten Abschnitt des Innenrohres (130) ausgebildet ist, wobei die erste und zweite Kammer (216, 217) durch die erste Dichtung (223) voneinander getrennt sind und die erste Ventilöffnung mit der ersten Kammer (216) und die zweite Ventilöffnung mit der zweiten Kammer (217) in Verbindung stehen.

9. Dämpfungssystem (100) nach Anspruch 1, bei dem
die Dämpfungseinheit des Weiteren einen Kolben, der am ersten Element (120) befestigt und so angeordnet ist, dass er sich in der zweiten Kammer (120) bewegt, und einen Ventileinsteller aufweist, der mit dem Ventil (218) in Wirkverbindung steht, um einen Bereich der mindestens einen Öffnung zu regeln;
das mindestens eine Sensorsignal eine Verschiebung des Kolbens relativ zum zweiten Element (130) anzeigt; und
der Dämpfungsregler (160) eine Logikschaltung zum Erzeugen des Regelsignals aufweist und das Regelsignal an den Ventileinsteller abgegeben wird.

10. Verfahren zum Dämpfen eines Radfahrzeuges mit einem elektronischen Dämpfungssystem (100) nach Anspruch 1, das die folgenden Schritte umfasst:
Ermitteln und Abgeben mindestens eines Sensorsignals, das eine Position des ersten Elementes (120) der Dämpfereinheit relativ zum zweiten Element (130) der Dämpfereinheit anzeigt, mit einem Sensor;
Empfangen des mindestens einen Sensorsignals mit einem Dämpfungsregler (160), der elektrisch an den Sensor (201) angeschlossen ist;
Berechnen eines Regelsignals auf der Basis von mindestens einer von einem Benutzer/Fahrer ausgewählten programmierbaren Funktion vom Sensorsignal in Bezug auf eine gewünschte Dämpfungskraft; und
Abgeben des Regelsignals an den Motor (221).

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

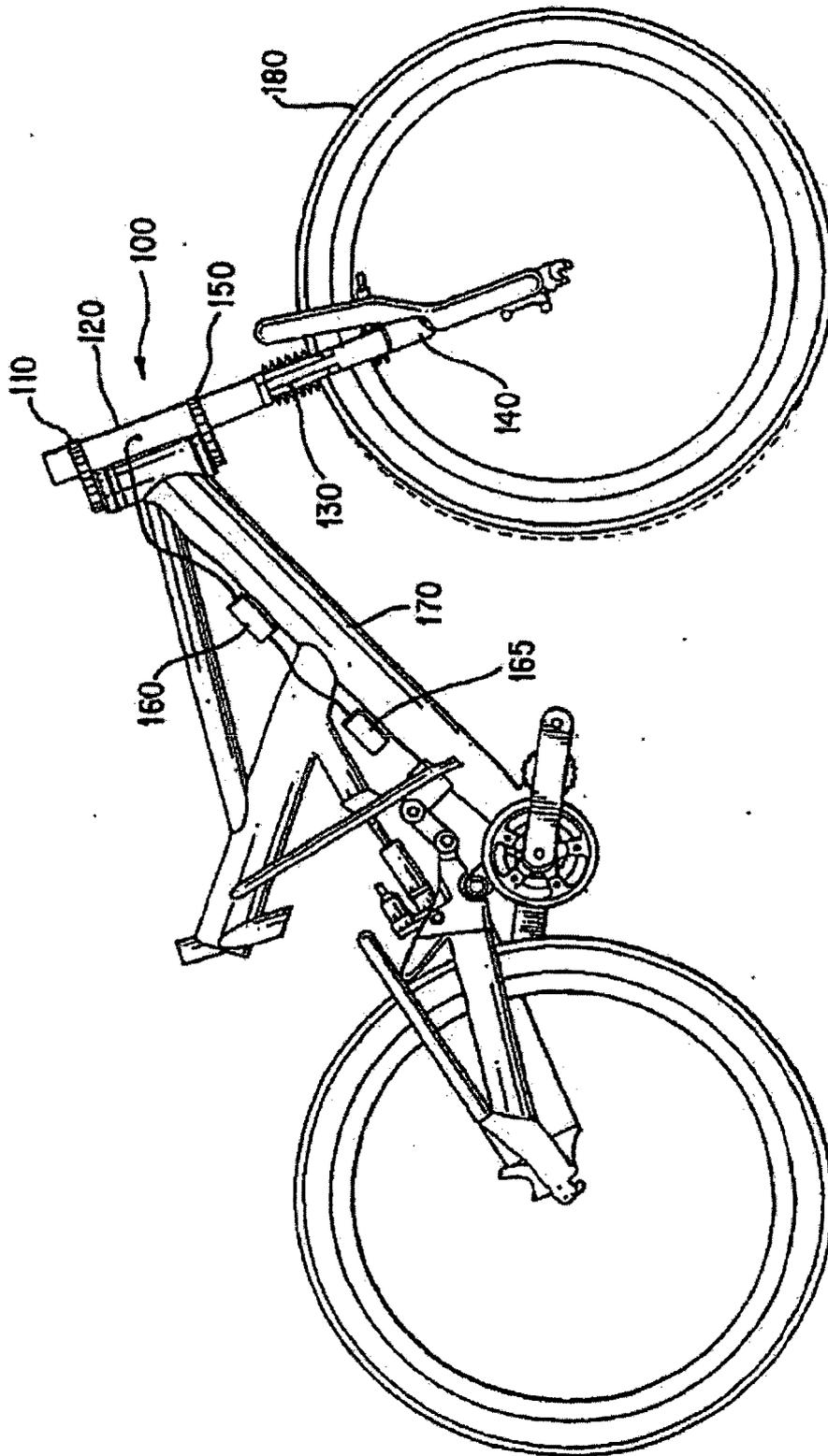


FIG. 1

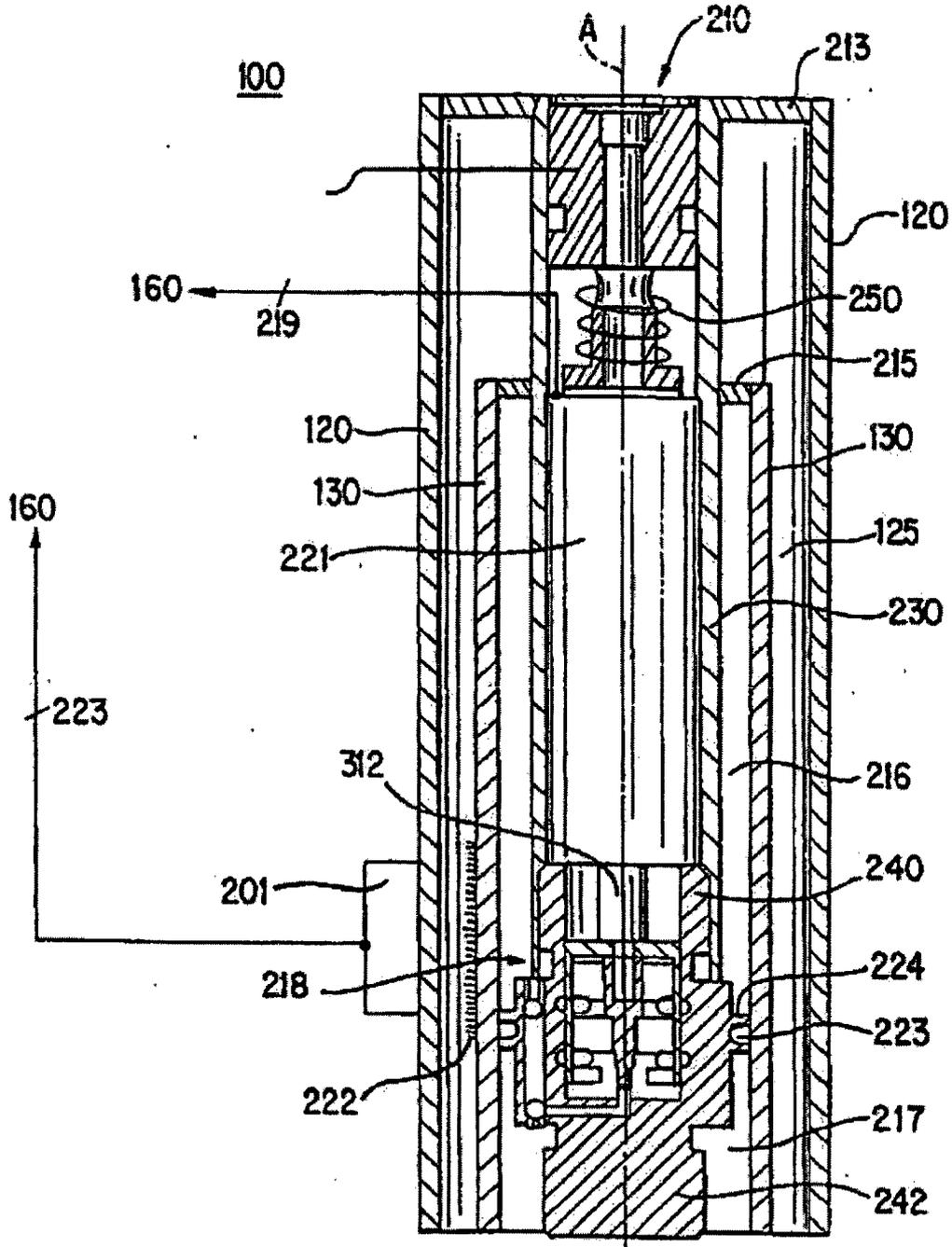


FIG. 2

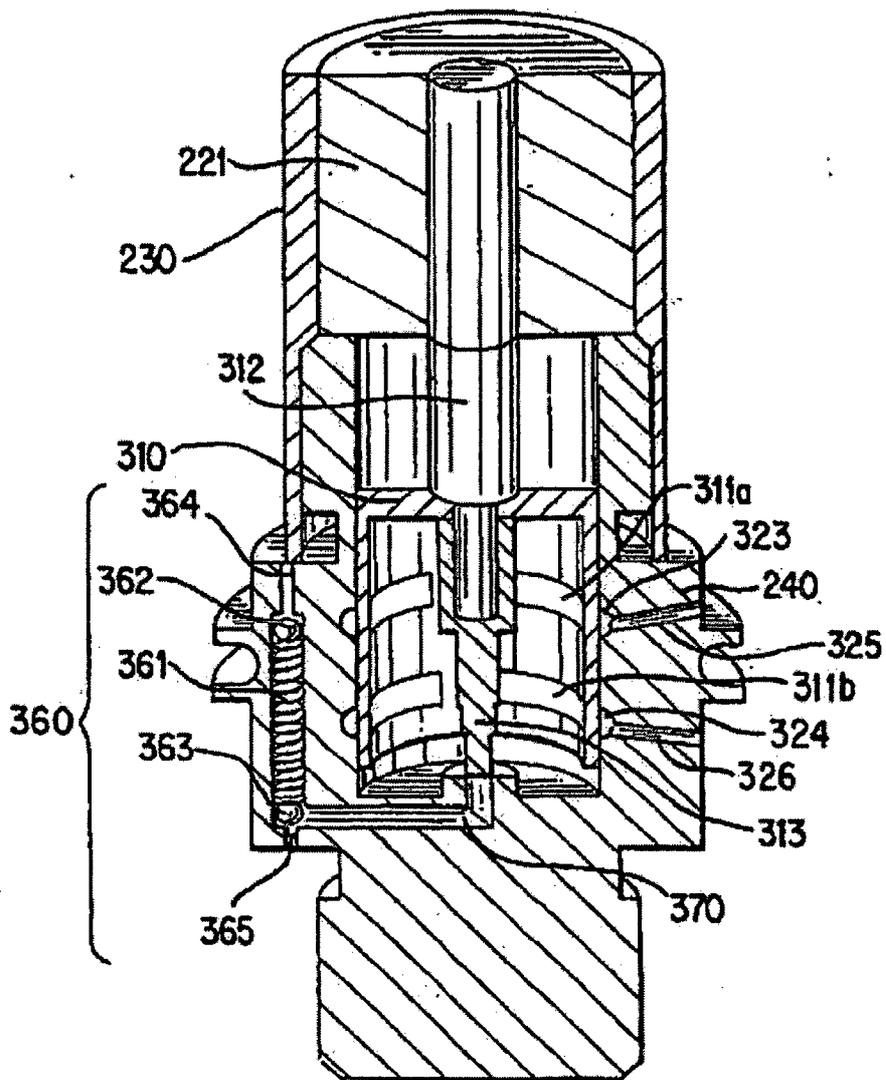


FIG. 3

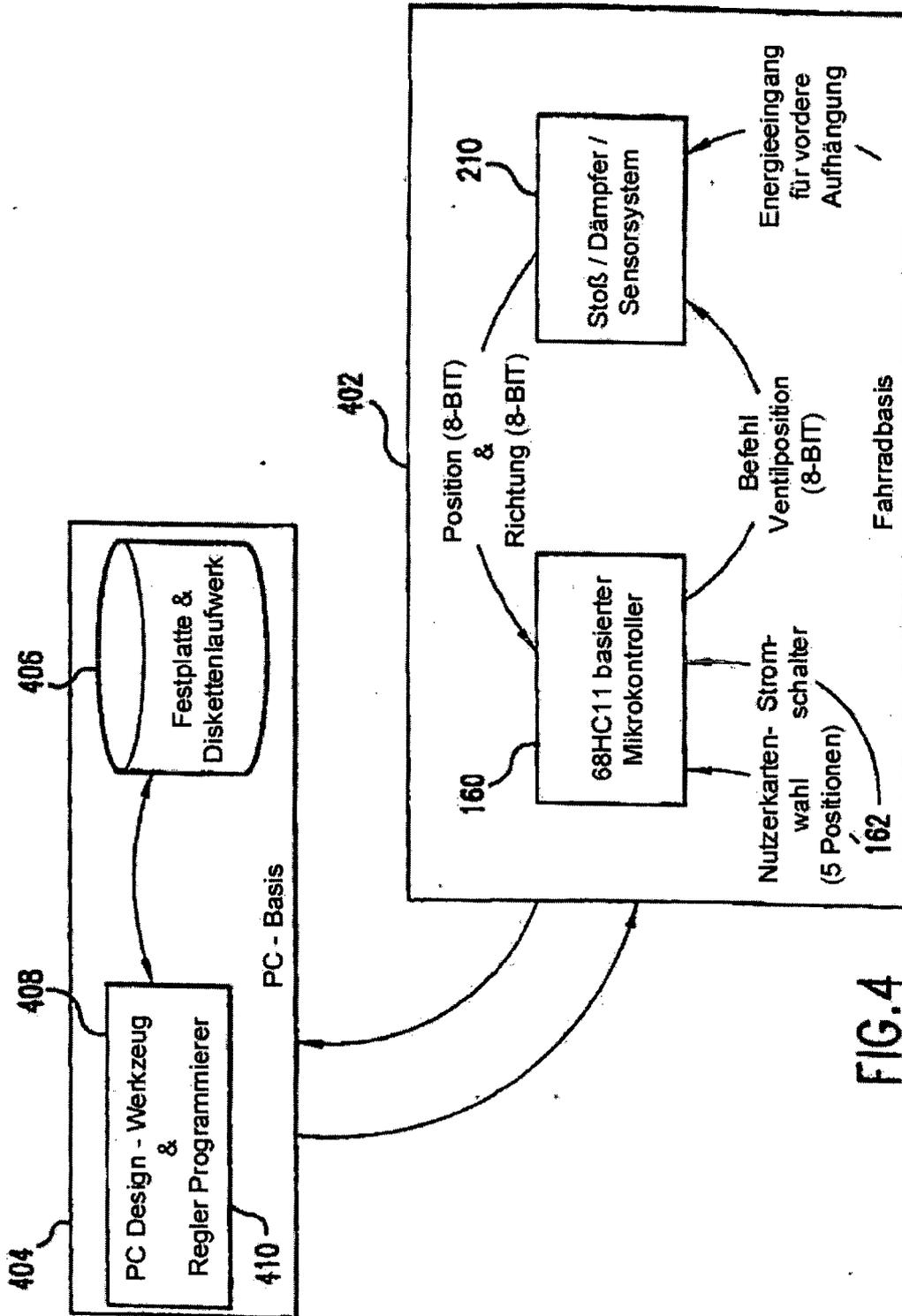


FIG. 4

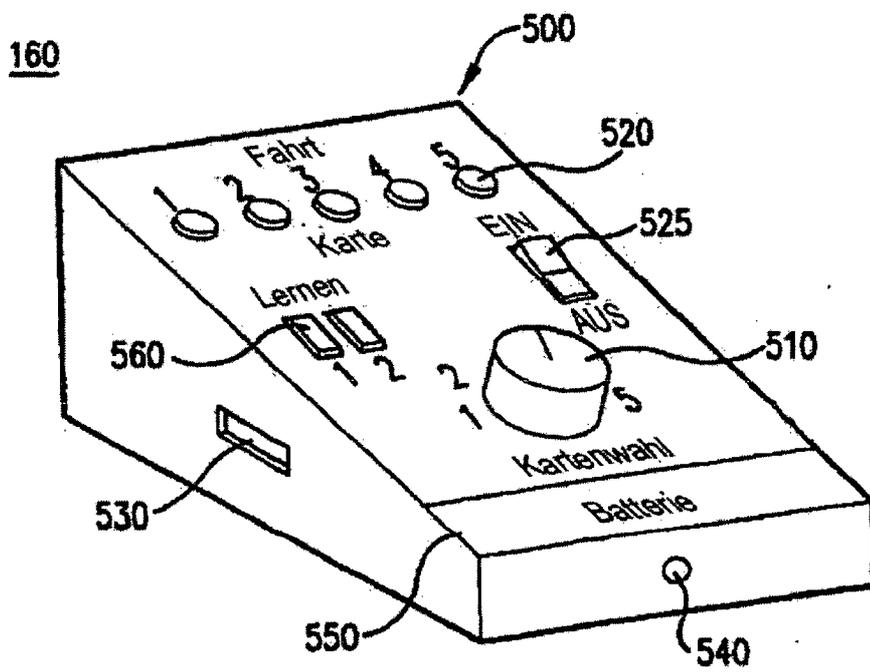


FIG. 5

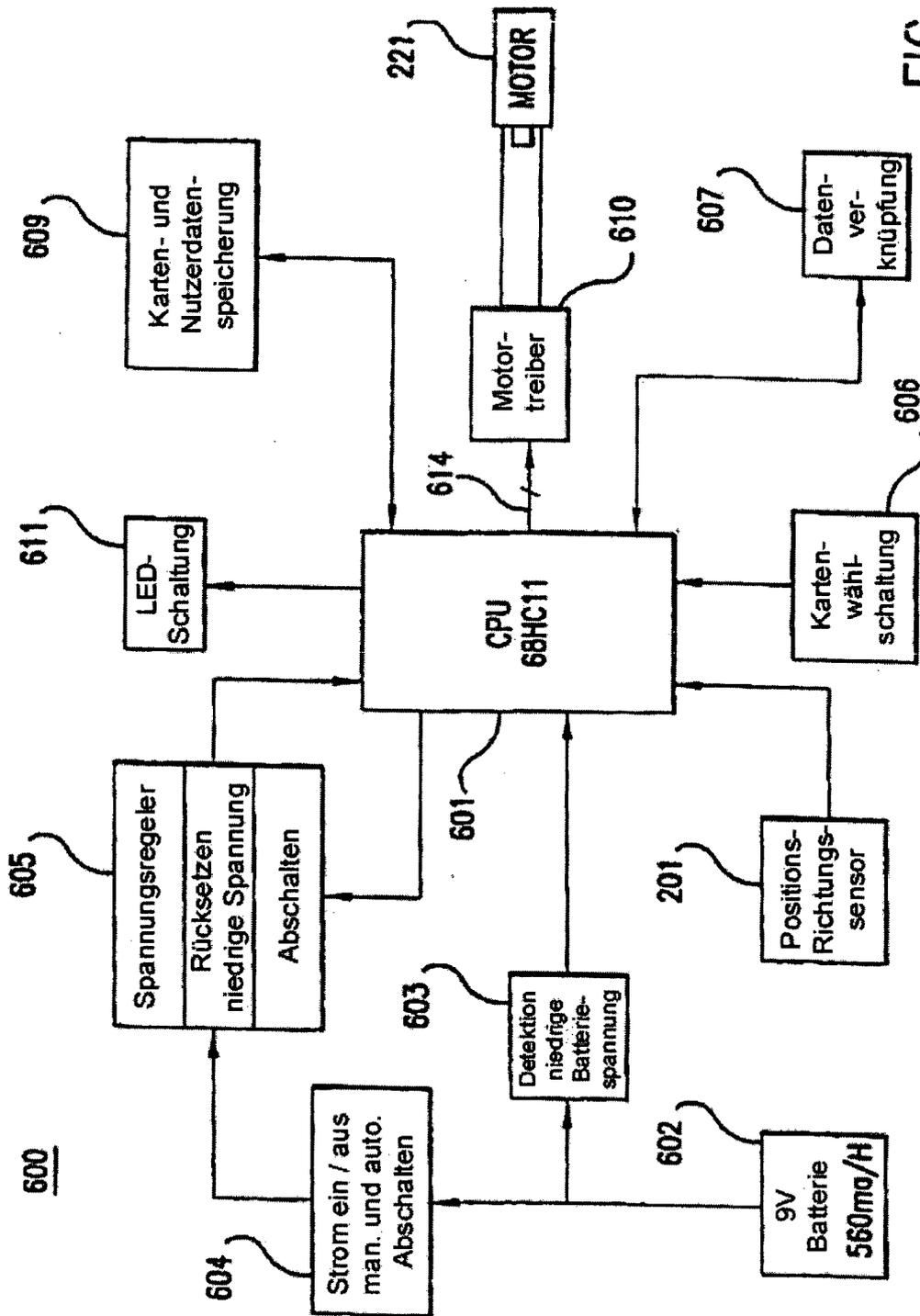
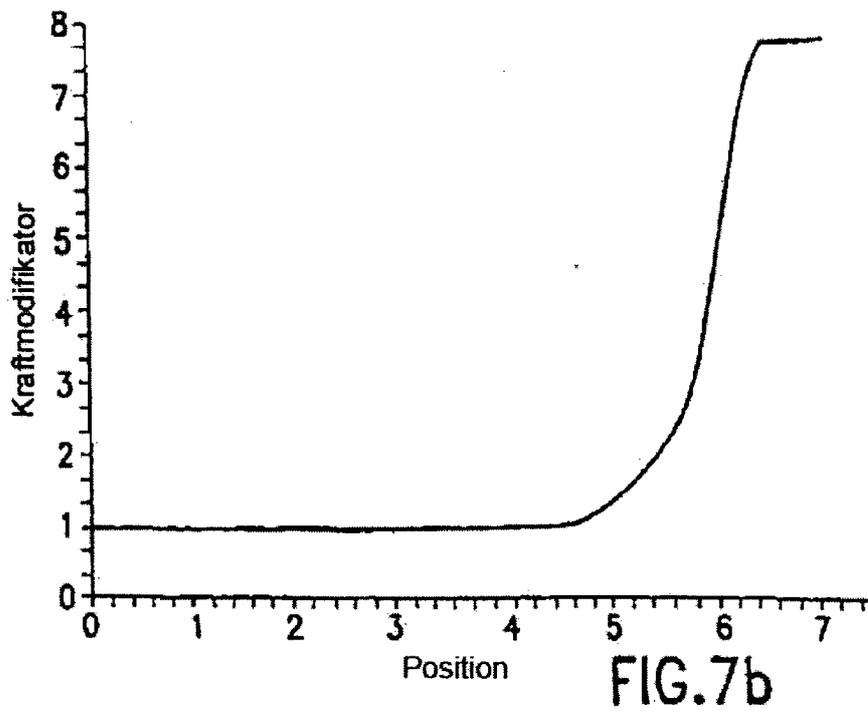
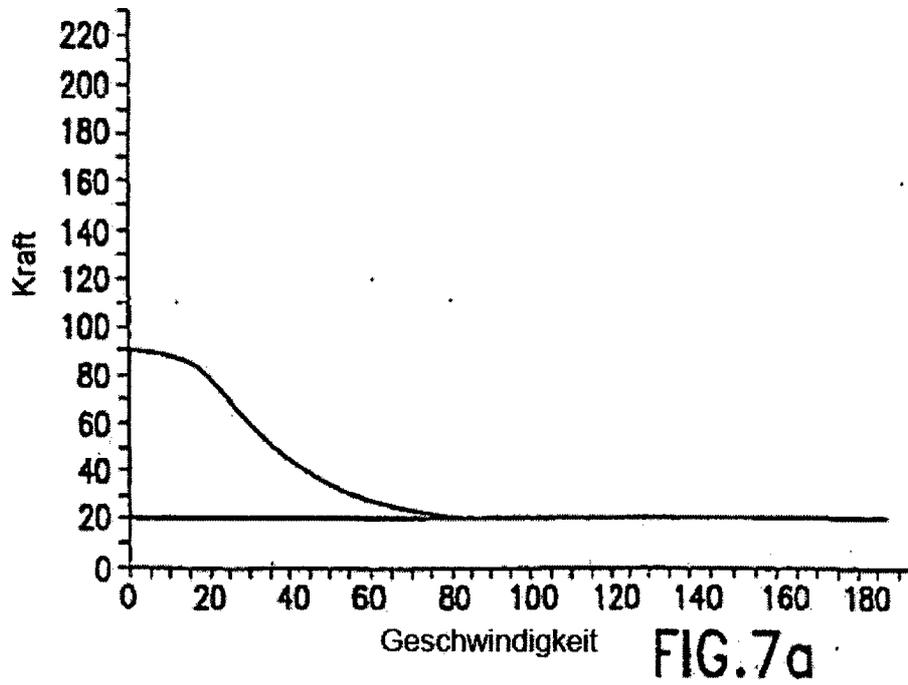


FIG.6



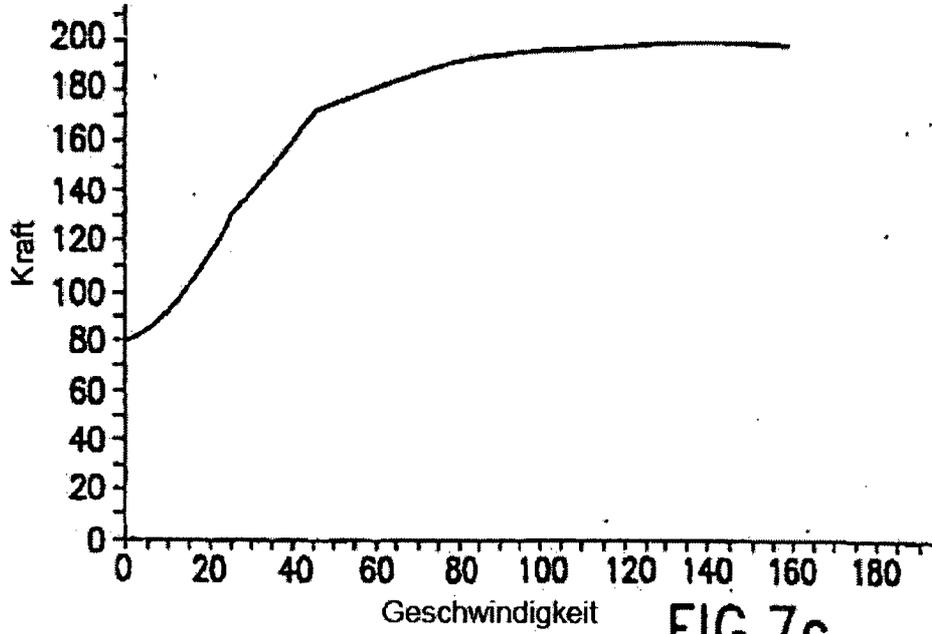


FIG.7c

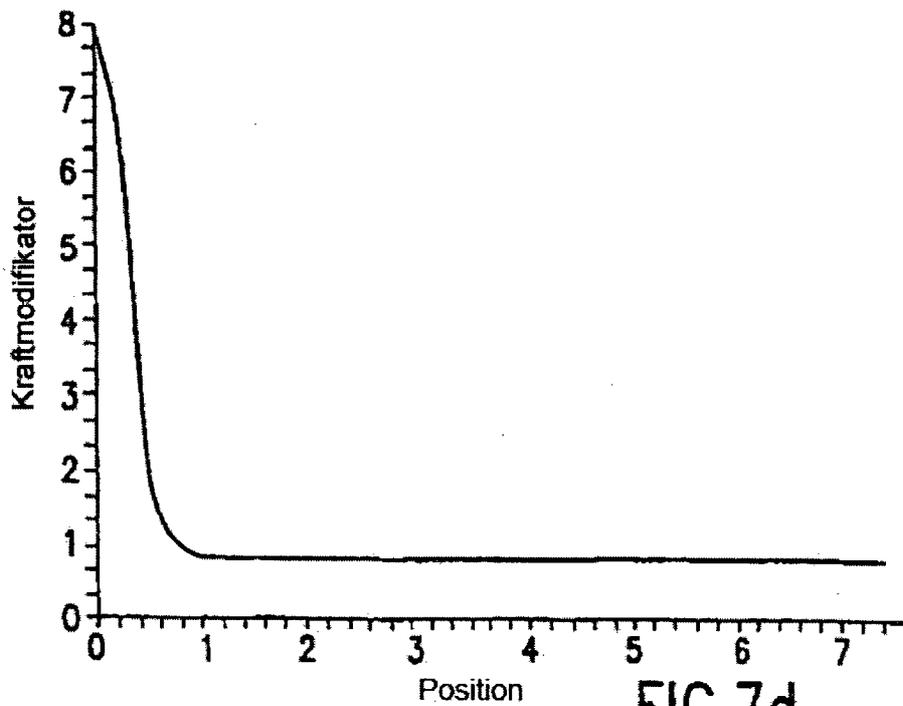


FIG.7d

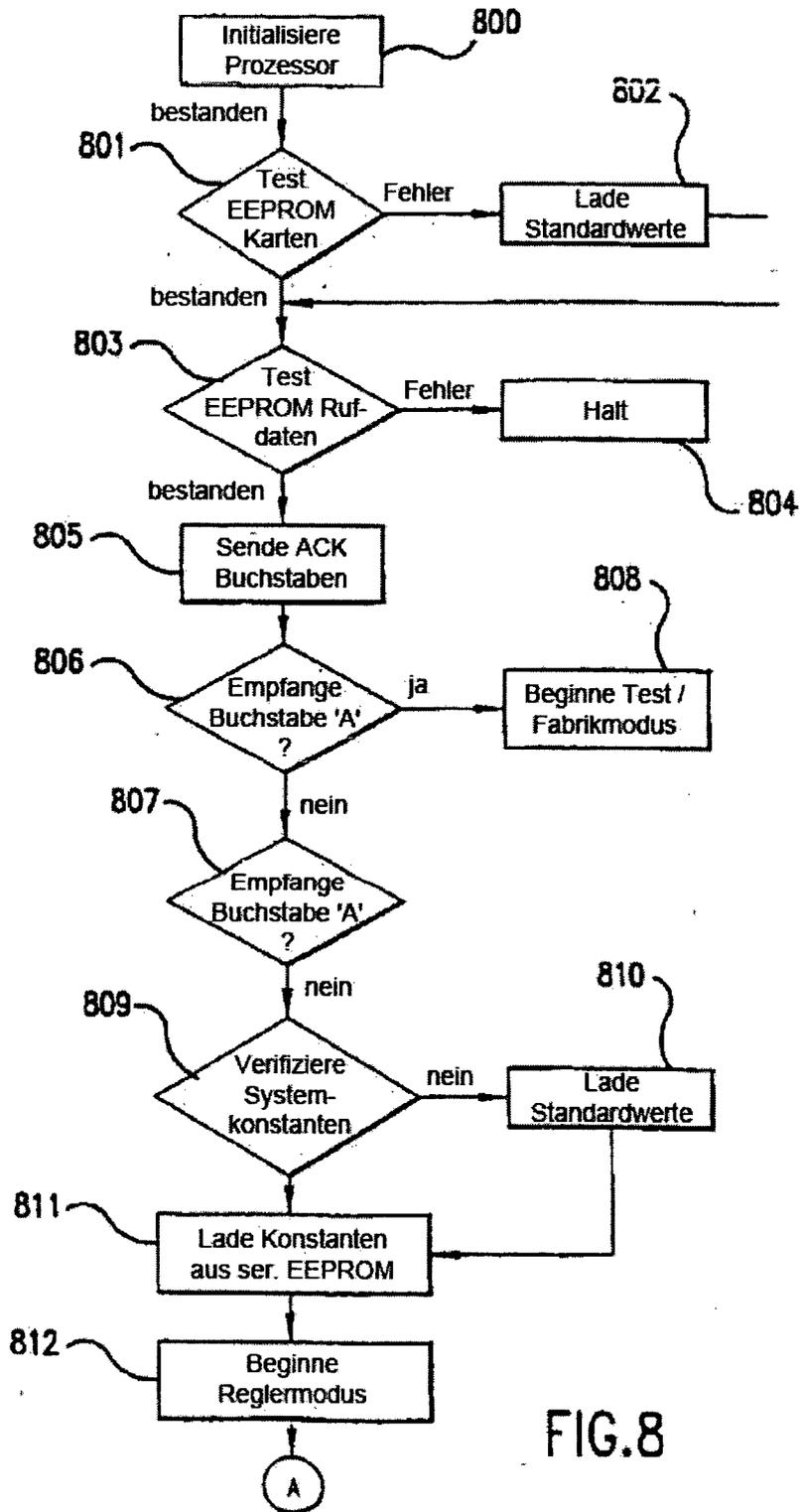


FIG.8

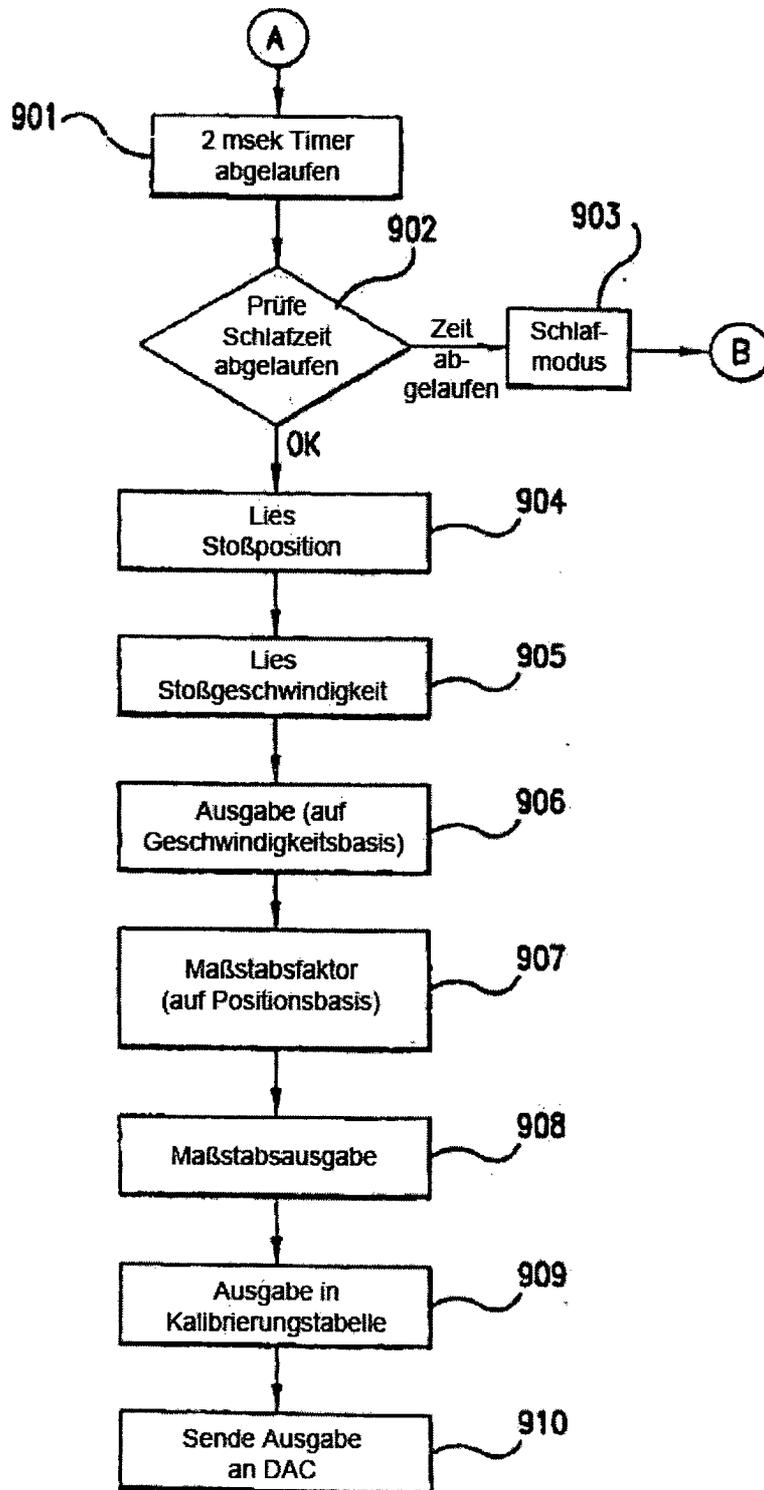


FIG.9

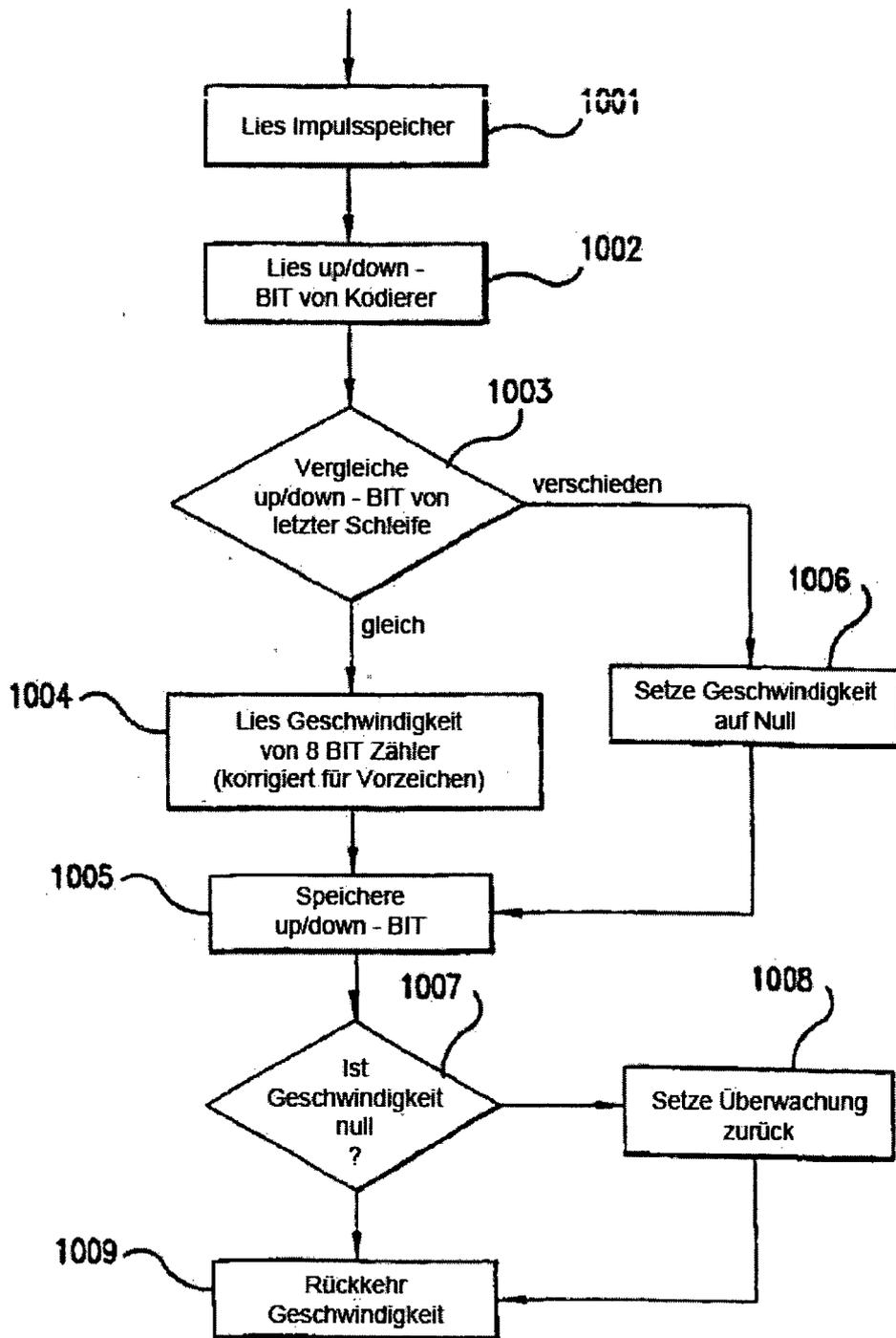


FIG.10

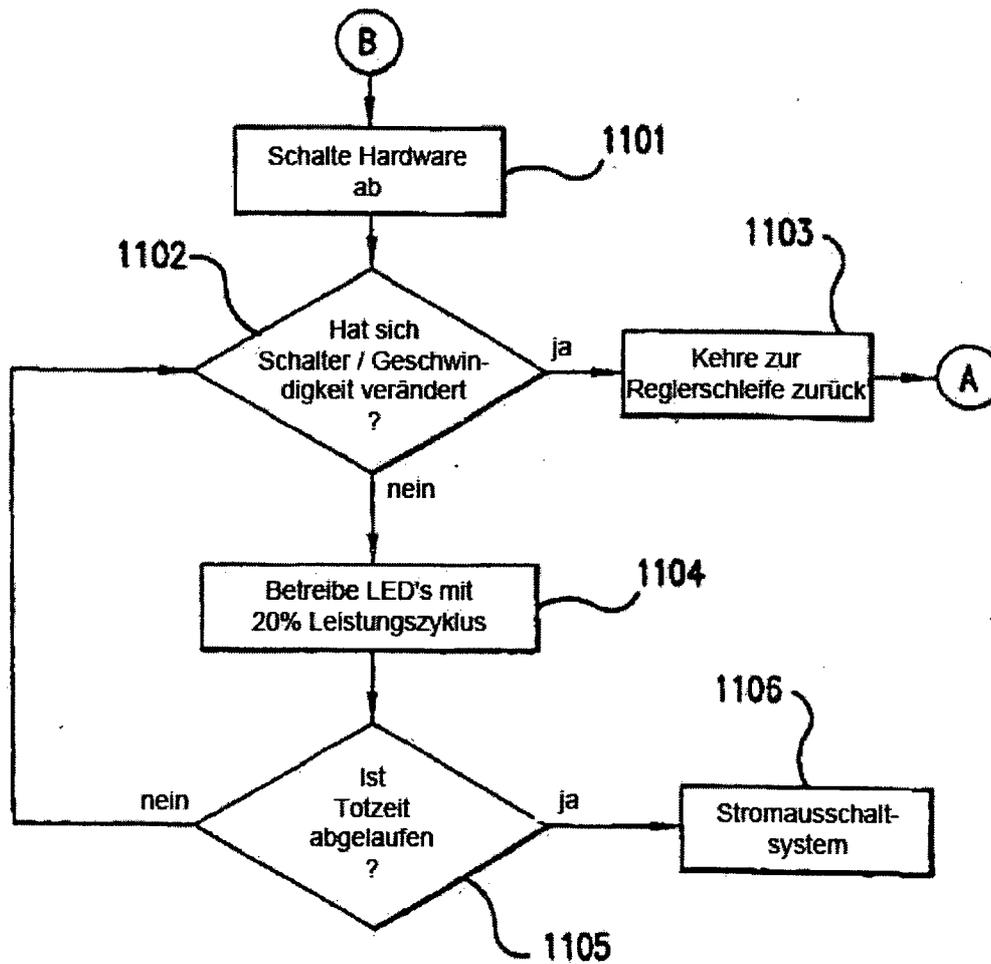


FIG.11