



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 600 21 419 T2 2006.04.27

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 237 779 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 21 419.2

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US00/42698

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 992 888.8

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 01/042077

(86) PCT-Anmeldetag: 08.12.2000

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 14.06.2001

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 11.09.2002

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 20.07.2005

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 27.04.2006

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B62D 57/00 (2006.01)**

*B62D 61/00 (2006.01)*

*A61G 5/06 (2006.01)*

*B62D 39/00 (2006.01)*

(30) Unionspriorität:

456347 08.12.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR

(73) Patentinhaber:

Deka Products Ltd. Partnership, Manchester, N.H.,  
US

(72) Erfinder:

KAMEN, L., Dean, Bedford, US; FIELD, Douglas J.,  
Bedford, US; HEINZMANN, Kurt, Richard,  
Francesstown, US

(74) Vertreter:

PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner GbR,  
80801 München

(54) Bezeichnung: FAHRZEUG MIT SCHWERPUNKTAUSGLEICHSVORRICHTUNG

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 eingelebt, 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

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft Fahrzeuge und Verfahren zum Transportieren von Personen und besonders Fahrzeuge und Verfahren, die Regelkreise verwenden, in die ein motorisierter Antrieb eingeschlossen ist.

### Allgemeiner Stand der Technik

**[0002]** Es ist ein weiter Bereich von Fahrzeugen und Verfahren zum Transportieren von menschlichen Personen bekannt. Üblicherweise sind diese Fahrzeuge auf statische Stabilität angewiesen, wobei sie derart konstruiert sind, dass sie unter allen vorauszu sehenden Bedingungen der Anordnung ihrer Boden kontakteinrichtungen stabil sind. Demnach läuft zum Beispiel der Schwerkraftvektor, der auf den Schwerpunkt eines Autos einwirkt, zwischen den Punkten des Bodenkontaktees der Autoräder hindurch, wobei die Federung alle Räder jederzeit auf dem Boden hält und das Auto dadurch stabil ist.

**[0003]** Alternativ kann dynamische Stabilität durch Einwirkung des Benutzers, wie in dem Fall eines Fahrrads oder andererseits durch einen Steuerkreis, aufrechterhalten werden, wie in dem Fall des Menschentransporters, der im US-Patent Nr. 5,701,965 und US-Patentanmeldung, Eingangsnummer 08/384,705, eingereicht am 3. Februar 1995, die hier durch Bezug berücksichtigt sind.

**[0004]** Den balancierenden Fahrzeugen, die in diesen Referenzen beschrieben werden, mangelt es jedoch an statischer Stabilität. Bezugnehmend beispielsweise auf [Fig. 1](#), worin ein Personentransporter gezeigt (siehe auch US-A-5971091) und allgemein mit der Nummer 18 bezeichnet ist, steht eine Person 10 auf einer Tragplattform 12 und hält einen Handgriff 14 an einer Stange 16, die mit der Plattform 12 verbunden ist, so dass das Fahrzeug 18 dieser Ausführungsform in einer Weise analog zu einem Roller bedient werden kann. Ein Regelkreis kann derart vorgesehen sein, dass ein Lehen der Person bewirkt, dass ein Drehmoment auf Rad 20 um Achse 22 aufgebracht wird, wodurch eine Beschleunigung des Fahrzeugs veranlasst wird. Das Fahrzeug 18 ist aber statisch instabil, und bei fehlendem Betrieb des Regelkreises, die dynamische Stabilität aufrechterhalten, wird die Person 10 nicht mehr in einer stehenden Position gehalten und von der Plattform 12 fallen. Ein anderes balancierendes Fahrzeug aus dem Stand der Technik ist in [Fig. 2](#) gezeigt und allgemein mit der Nummer 24 bezeichnet. Das Personentransporter 24 hat auch die Charakteristika des Fahrzeugs 12 aus [Fig. 1](#), und zwar eine Tragplattform 12 zum Tragen der Person 10 und einen Handgriff 14 auf einer Stange 16, die mit der Plattform 12 so verbunden ist, dass das Fahrzeug 18 dieser Ausführungsform auch in einer Weise analog zu einem Rol-

ler bedient werden kann. [Fig. 2](#) zeigt, dass, obwohl das Fahrzeug 24 Gruppen 26 mit jeweils einer Vielzahl von Rädern 28 besitzen kann, das Fahrzeug 24 statisch instabil bleibt und ohne Betrieb eines Regelkreises, die dynamische Stabilität aufrechterhalten, wird die Person 10 nicht länger in einer stehenden Position gehalten und von der Plattform 12 fallen.

**[0005]** Im Gegensatz dazu können andere Fahrzeuge aus dem Stand der Technik, wie zum Beispiel Automobile oder das Treppenletterfahrzeug, das in US-Patent Nr. 4,790,548 (Decelles et al.) beschrieben ist, statisch stabil sein. Diesen statisch stabilen Fahrzeugen fehlt aber eine Balancierfähigkeit. Ihnen fehlt auch die Fähigkeit, die Bewegung des Fahrzeugs durch Lehnen des Bedieners zu beeinflussen.

**[0006]** Im Fall von statisch instabilen balancierenden Fahrzeugen erfordern Überlegungen hinsichtlich der Bedienersicherheit den Einsatz von speziellen Strategien, wie zum Beispiel denen, die in den gleichzeitig anhängigen Anmeldungen mit den Seriennummern 09/184,488, 08/892,566 und 09/168,551 für den Fall des Ausfalles bestimmter Systemkomponenten beschrieben ist.

### Zusammenfassung der Erfindung

**[0007]** Gemäß bevorzugter Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wird ein Fahrzeug zum Transportieren einer menschlichen Person über eine ggf. irreguläre Oberfläche bereitgestellt. Das Fahrzeug weist eine Tragplattform zum Tragen der Person mit vorderen, hinteren und seitlichen Flächen auf, die von der Orientierung der Tragplattform bestimmt werden. Zusätzlich weist das Fahrzeug ein bodenberührendes Modul, das schwenkbar an der Tragplattform zur Aufhängung der Tragplattform über der Oberfläche angebracht ist, wobei die Tragplattform und das bodenberührende Modul Bauteile einer Baugruppe sind, und eine motorisierte Antriebsanordnung, die an der Baugruppe montiert ist, auf, um eine Fortbewegung der Baugruppe und der Person über der Oberfläche zu bewirken. Schließlich besitzt das Fahrzeug einen Steuerkreis, in dem die motorisierte Antriebsanordnung eingeschlossen ist, zum dynamischen Aufrechterhalten der Stabilität der Baugruppe durch den Betrieb der motorisierten Antriebsanordnung in einer Weise, dass eine spezifizierte Beschleunigung der Baugruppe veranlasst wird.

**[0008]** Gemäß alternativer Ausführungsformen der Erfindung kann das Fahrzeug auch ein Schwenkge lenk zum schwenkbaren Verbinden der Tragplattform mit dem bodenberührenden Modul und einen Sperrmechanismus zum Begrenzen der Bewegung der Tragplattform in Bezug auf das bodenberührende Modul besitzen. Der Sperrmechanismus zum Begrenzen der Bewegung der Tragplattform kann auf eine Unterbrechung von Energie zu dem Steuerkreis

hin aktiviert werden. Das bodenberührende Modul kann mindestens ein Rad hinter und ein Rad vor einer vertikalen Linie durch den Schwerpunkt der Baugruppe unter statischen Bedingungen aufweisen. Das bodenberührende Modul kann ein erstes Rad, das drehbar um eine erste Achse ist und ein zweites Rad, das drehbar um eine zweite Achse ist, aufweisen, wobei die zweite Achse nicht kollinear mit der ersten Achse ist.

**[0009]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann der Steuerkreis so ausgelegt sein, dass Vorwärts- und Rückwärtsbewegung des Fahrzeugs durch ein Vor- und Zurücklehnen der Tragplattform, wie durch die Person beeinflusst, gesteuert werden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0010]** Die Erfindung wird leichter verstanden unter Bezugnahme auf die folgende Beschreibung mit den beigefügten Zeichnungen. Es zeigen:

**[0011]** [Fig. 1](#) eine Seitenansicht eines Personalfahrzeugs nach dem Stand der Technik, dem eine stabile statische Position fehlt, in der die Person darauf in einer stehenden Position bleibt;

**[0012]** [Fig. 2](#) eine perspektivische Ansicht eines zweiten Personalfahrzeugs nach dem Stand der Technik, dem ebenfalls eine stabile statische Position fehlt, in der die Person in einer stehenden Position darauf bleibt;

**[0013]** [Fig. 3](#) eine Seitenansicht eines Personalfahrzeugs, das eine unabhängig aufgehängte Tragplattform in Übereinstimmung mit einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufweist;

**[0014]** [Fig. 4](#) ein Blockdiagramm, das allgemein die Angaben von Sensoren, Antrieb und Steuerung der Ausführungsform in [Fig. 3](#) zeigt;

**[0015]** [Fig. 5](#) die Steuerungsstrategie für eine vereinfachte Bauart von [Fig. 3](#), um Balance zu erreichen, indem ein Raddrehmoment eingesetzt wird;

**[0016]** [Fig. 6](#) diagrammatisch die Funktion der Joystick-Steuerung der Räder der Ausführungsform von [Fig. 3](#);

**[0017]** [Fig. 7](#) ein Blockdiagramm, das ein Detail einer Fahrerschnittstellen-Baugruppe bietet; und

**[0018]** [Fig. 8](#) ein Schema der Radmotorsteuerung während des Balancierens und der normalen Fortbewegung.

Ausführliche Beschreibung bestimmter Ausführungsformen

**[0019]** [Fig. 3](#) zeigt eine vereinfachte Ausführungsform eines Personalfahrzeugs **100**, das eine Fahrplattform **102** aufweist, die zumindest in Bodennähe **104** statisch stabil ist. Zusätzlich zu der seitlich angeordneten bodenberührenden Einrichtung **104** (nur die rechte, oder nahe gelegene bodenberührende Einrichtung ist gezeigt), sind eine oder mehrere zusätzliche bodenberührende Einrichtungen **106** vorgesehen, wobei eine zusätzliche bodenberührende Einrichtung **106** eine Achse **108** aufweist, die nicht mit der Achse **110** einer der anderen bodenberührenden Einrichtungen übereinstimmt.

**[0020]** Obwohl die Bezeichnung „Rad“ in dieser Anmeldung verwendet wird, um die bodenberührenden Einrichtungen des Fahrzeugs zu bezeichnen, erfolgt dies verständlicherweise ohne Absicht, die Beschaffenheit der bodenberührenden Einrichtungen einzuschränken, die innerhalb des Bereiches der Erfindung eingesetzt werden. Es wird für Personen mit durchschnittlichen Fertigkeiten in der Mechanik offensichtlich sein, dass Gruppen von Rädern, gebogene Einrichtungen, Schienen oder Laufflächen, um verschiedene Beispiele anzuführen, unter angemessenen Bedingungen die Räder ersetzen können.

**[0021]** Räder **104** helfen, eine Reihe von Achsen, einschließlich der vertikalen Achse Z-Z, einer Querachse Y-Y parallel zu der Achse, die mit der Achse **110** des Rades **104** übereinstimmt, und einer Vorwärts-Rückwärts-Achse X-X rechtwinklig zu der Radachse zu bestimmen. Die Ebene, die von der vertikalen Achse Z-Z und der Querachse Y-Y bestimmt wird, wird manchmal als „Querebene“ und die Ebene, die von der Vorwärts-Rückwärts-Achse X-X und der vertikalen Achse Z-Z bestimmt wird, wird manchmal als „Vorwärts-Rückwärts-Ebene“ bezeichnet. Richtungen parallel zu den Achsen X-X und Y-Y werden jeweils Vorwärts-Rückwärts- und Querrichtungen genannt.

**[0022]** Der Abstand zwischen Achse **108** und Achse **110** bildet den Achsabstand des Fahrzeugs **100**. Der Achsabstand kann von 0 bis über  $10 \times$  einer maßgeblichen Größe jedes Rades reichen, aber der Achsabstand befindet sich vorzugsweise im Bereich von  $\frac{1}{2}$  bis  $4 \times$  der Größe des Rades **104**. Die Größen der Räder **104** und **106** können, wie gezeigt gleich sein oder können unterschiedliche Größen aufweisen.

**[0023]** Eine Fahrplattform **102** ist schwenkbar mit einer Tragplattform **112** verbunden, die einen Nutzer des Fahrzeugs trägt. Der Nutzer des Fahrzeugs kann in jeder Stellung auf der Tragplattform angeordnet sein, zum Beispiel kann der Nutzer auf der Tragplattform stehen. Eine Stange **114**, die mit der Trag-

plattform 112 verbunden ist, kann zusammen mit einem Handgriff 116 so bereitgestellt werden, dass das Fahrzeug 100 dieser Ausführungsform zu einer Weise analog zu einem Roller bedient werden kann. Ein Steuerkreis kann so bereitgestellt werden, dass ein Lehnen der Person bewirkt, dass ein Drehmoment auf ein oder mehrere Räder 104 und 106 um die jeweiligen Achsen 108 und 110 aufgebracht wird, wodurch eine Beschleunigung des Fahrzeugs bewirkt wird.

**[0024]** Bei normalen Betriebsbedingungen kann die Tragplattform 112 frei um ein Schwenkgelenk 118 schwenken, das in Bezug auf die Fahrplattform 102 fest ist. In einer alternativen Ausführungsform der Erfindung kann ein Schwenken der Tragplattform 112 in Bezug auf die Fahrplattform 102 auf die Vorwärts-Rückwärts-Ebene 102 begrenzt werden, die die Vertikal- und die Vorwärtsrichtung der Bewegung enthält. Innerhalb der Bewegungsebene kann ein Schwenken der Plattform durch Bewegungsanschläge, die mit der Fahrplattform 102 verbunden sind, oder durch nachgebende Einrichtungen, wie zum Beispiel Federn, die die Fahrplattform 102 mit der Tragplattform 112 an einem oder beiden der vorderen und hinteren Enden der jeweiligen Plattform verbinden, begrenzt werden. In einer weiteren alternativen Ausführungsform der Erfindung kann die Tragplattform 112 von einem schwenkenden Aktuator 124, wie zum Beispiel einem Motor, aktiv gefahren werden. Unter der Steuerung eines Steuerkreises (unten detailliert beschrieben) wird die vertikale Balance der Tragplattform 112 beibehalten, indem die Tragplattform 102 in Vorwärts- oder Rückwärtsrichtung gefahren wird.

**[0025]** Die Fahrplattform 102 kann auch auf die Befehle des Nutzers reagieren. Nutzerbefehle können zum Beispiel aktiviert werden, indem der Nutzer sein oder ihr Gewicht nach vorn oder nach hinten oder zu einer Seite oder zu der anderen verlagert. In einer Ausführungsform, in der die Tragplattform in Querrichtung schwenken kann, kann ein Zur-Seite-Lehnen des Nutzers eingesetzt werden, um die Richtung und das Maß des Drehens zu bestimmen. Alternativ kann der Nutzer Befehle durch Einrichtungen einer Nutzereingabe-Schnittstelleneinrichtung, wie z.B. einem Joystick oder einer Wähl scheibe, die zum Beispiel an dem Handgriff 116 befestigt ist, aktivieren. Geeignete Kraftmesswertgeber können vorgesehen sein, um Nach-Links- und Nach-Rechts-Lehnen zu erfassen und zugehörige Steuerungen werden bereitgestellt, um Links- und Rechtsdrehen als Folge des erfassten Lehnen zu bewirken. Das Lehnen kann auch erfasst werden, indem der Schwenkwinkel der Tragplattform 112 gemessen wird.

**[0026]** Zusätzlich kann die Kraft auf jedem Rad gemessen werden, indem Boden-Kraft-Sensoren eingesetzt werden. Ebenso kann das Fahrzeug dieser

Ausführungsform mit einem Fuß (oder Kraft) aktivierten Schalter ausgestattet werden, um das Fahrzeug so zu aktivieren, dass der Schalter geschlossen wird, um das Fahrzeug automatisch mit Energie zu versorgen, wenn die Person auf der Tragplattform 112 steht.

**[0027]** In einem Notfallzustand könnte der Steuerkreis funktionsmäßig versagen, wie dann, wenn Energie fehlen würde. Wenn ein solcher Zustand festgestellt wird, kann die Schwenkachse 118 blockiert werden, wodurch eine feste Verbindung zwischen der Fahrplattform 102 und der Tragplattform 112 gebildet wird. Das Blockieren der Schwenkachse 118 verhindert, dass die Tragplattform 112 und der Nutzer, der von der Plattform getragen wird, in Vorwärts-Rückwärts-Richtung schwenken. Solange der Vektor 120 (der die Resultierende der Schwerkraft und des Vorwärts-Rückwärts-Beschleunigungsvektors ist), der auf den Schwerpunkt 122 des belegten Fahrzeuges 100 wirkt, über dem Radstand der Fahrplattform 102 liegt, ist das belegte Fahrzeug stabil und wird nicht umkippen. Wenn die Schwenkachse 118 nicht blockiert wäre, wäre unter diesen Umständen die Tragplattform 112 frei, nach vorne oder nach hinten zu schwenken, und ohne die ausgleichende Bewegung der Fahrplattform 102 unter der Steuerung des Steuerkreises würden die Tragplattform 112 und die getragene Person abrupt die vertikale Stabilität verlieren.

**[0028]** Obwohl eine Schwenkachse 118 gezeigt ist, um die Fahrplattform 102 und die Tragplattform 112 zu verbinden, liegt die Verwendung von jeder flexiblen Verbindung anstelle der Schwenkachse 118 innerhalb des Bereiches der vorliegenden Erfindung, wie hier und in beliebigen angehängten Ansprüchen beschrieben. Zum Beispiel kann die flexible Verbindung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die Fahrplattform 102 mit der Tragplattform 112 durch Einrichtungen von Federn oder pneumatische Kolben verbinden, um eine flexible Verbindung in normal angetriebenem Betriebszustand vorzusehen und die Plattformen 102 und 112 in blockierte Beziehung zueinander zu drücken, wenn Energie oder Steuerung unterbrochen werden. Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird bei normalem Betrieb ein Magnet aktiviert, der eine Reibungsbremse löst. Wenn ein Strom zu dem Magneten unterbrochen wird, verschiebt eine mechanische Feder die Reibfläche in einer solchen Weise, dass die Schwenkachse 118 gesperrt wird.

**[0029]** In dem Blockdiagramm von [Fig. 4](#) ist ein Steuerungssystem 51 gezeigt, das Motorantriebe und Aktuatoren in der Ausführungsform von [Fig. 3](#) steuert, um Fortbewegung und Balance zu erreichen. Diese schließen Motorantriebe 531 und 532 für die jeweiligen linken und rechten Räder und einen Schwenkachsen-Sperraktuator 52, der in bestimm-

ten Ausführungsformen der Erfindung vorhanden sein kann, ein. Das Steuerungssystem weist Daten-eingaben, einschließlich einer Benutzerschnittstelle **561**, eines Neigungssensors **562** zum Erfassen von Vorwärts-Rückwärts-Neigung und RaddrehSENSOREN **563**, auf. Der Neigungssensor **562** kann ein Sensor zum Messen der Trägheitsneigung (zum Beispiel eines Winkels im Bezug auf die Schwerkraft) der Tragplattform oder alternativ ein Sensor zum Messen des Schwenkens, zum Beispiel des Winkels zwischen der Tragplattform und der Fahrplattform, sein.

**[0030]** Ein vereinfachter Steueralgorithmus zum Erreichen von Balance in der Ausführungsform der Erfindung nach [Fig. 3](#), wenn die Räder aktiv für Fortbewegung sind, ist in dem Blockdiagramm von [Fig. 5](#) gezeigt. Die Ausrüstung **61** ist äquivalent zu den Gleichungen der Bewegung eines Systems mit einem Boden berührenden Modul, das von einem einzigen Motor angetrieben wird, bevor der Steuerkreis eingesetzt wird. Die Arbeitsweise von Steuerkreisen, wie in [Fig. 5](#) gezeigt, ist in der Elektrotechnik gut bekannt und ist z.B. in Fraser & Milne, Electro-Mechanical Engineering, IEEE Press (1994) besonders in Kapitel 11, „Principles of Continuous Control“, beschrieben, was hier unter Bezugnahme aufgenommen wird. In [Fig. 5](#) bestimmt T das Raddrehmoment, das von einem Radantrieb an eines oder mehrere der Räder geliefert wird. Der Buchstabe Z bestimmt die Vorwärts-Rückwärts-Neigung (den Neigungswinkel des Fahrzeugs in Bezug auf die Schwerkraft, zum Beispiel die Vertikale), X bestimmt die Vorwärts-Rückwärts-Verschiebung entlang der Oberfläche relativ zu dem Bezugspunkt, und der Punkt über einem Buchstaben bezeichnet eine Variable, die nach der Zeit abgeleitet ist. Alternativ kann Z den Winkel des Schwenkens oder den Unterschied im Gewicht, das von Vorder- und Hinterrädern getragen wird, bestimmen. Der restliche Bereich der Fig. ist die Steuerung, die eingesetzt wird, um Balance zu erreichen. Die Kästen **62** und **63** bezeichnen Ableitungen. Um eine dynamische Kontrolle zu erreichen, um sicherzustellen, dass das System stabil ist und um das System in der Nähe eines Bezugspunktes auf der Oberfläche zu halten, wird das Raddrehmoment T in dieser Ausführungsform bestimmt, um die folgende Gleichung zu erfüllen:

$$T = K_1(\ddot{Z} + \ddot{Z}_0) + K_2 + K_3(X + X_0) + K_4$$

**[0031]** Die Beträge  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  und  $K_4$  sind abhängig von den physikalischen Parametern des Systems und anderen Effekten, wie zum Beispiel der Gravitation, während die Abstände  $\ddot{Z}_0$  und  $X_0$  von dem Betriebsmodus des Systems bestimmt werden können, wie z.B. die Geschwindigkeit des Fahrzeugs zu begrenzen oder alternativ könnten sie von dem Nutzer durch Einrichtungen einer Nutzereingabeeinrichtung festgelegt werden. Der vereinfachte Steueralgorithmus von [Fig. 5](#) behält die Balance des ganzen Fahr-

zeuges und auch die Nähe des Fahrzeuges zu dem Bezugspunkt auf der Oberfläche bei Vorhandensein von Störungen, wie zum Beispiel Änderungen an dem Schwerpunkt des Systems in bezug auf den Bezugspunkt auf der Oberfläche durch Körperbewegungen der Person oder Kontakt mit anderen Personen oder Objekten, bei. Für eine aufrechterhaltene Bewegung des Fahrzeuges, kann zum Beispiel  $K_3$  auf Null gesetzt werden, oder  $X$  (oder  $X_0$ ) ständig zurückgestellt werden.  $K_3$  wird auf Null gesetzt, um eine Neigungskontrolle der Vorwärts-Rückwärts-Bewegung zu erreichen. Wenn eine externe Eingabeeinrichtung, wie zum Beispiel ein Joystick, eingesetzt wird, kann die Eingabeeinrichtung eingesetzt werden, um die gewünschte Position  $X_0$  zurückzusetzen.

**[0032]** Um zwei angetriebene Räder in Einklang zu bringen anstatt des Einrad-Systems, das in [Fig. 5](#) dargestellt ist, kann das Drehmoment, das von dem linken Motor, und das Drehmoment, das von dem rechten Motor verlangt wird, einzeln in der allgemeinen Weise, die unten in Verbindung mit [Fig. 11](#) beschrieben ist, berechnet werden. Zusätzlich erlaubt das Führen sowohl der linken Radbewegung als auch der rechten Radbewegung, dass Anpassungen gemacht werden, um unerwünschtes Drehen des Fahrzeuges zu verhindern und Leistungsabweichungen zwischen den beiden Antriebsmotoren zu betrachten.

**[0033]** Eine manuelle Schnittstelle, wie z.B. ein Joystick, wird eingesetzt, um die Momente jedes Motors anzupassen. Der Joystick besitzt Achsen, die in [Fig. 6](#) bezeichnet sind. Im Betrieb dieser Ausführungsform werden Vorwärtsbewegungen des Joysticks eingesetzt, um eine Vorwärtsbewegung des Fahrzeugs zu veranlassen, und eine Rückwärtsbewegung des Joysticks bewirkt eine Rückwärtsbewegung des Fahrzeugs. Eine Linkskurve wird in ähnlicher Weise durch eine Nach-Links-Bewegung des Joysticks erreicht. Für eine Rechtskurve wird der Joystick nach rechts bewegt. Die Konfiguration, die hier eingesetzt wird, erlaubt dem Fahrzeug, sich auf der Stelle zu drehen, wenn der Joystick nach links oder nach rechts bewegt wird. In Bezug auf Vorwärts- und Rückwärtsbewegung ist eine Alternative zu dem Joystick einfach ein Vor- oder Zurücklehnen, da der Neigungssensor (Messung  $\ddot{Z}$ ) eine Neigungsänderung ermittelt, eine Eingabe, verstärkt (und allgemeiner, wie signalaufbereitet) durch einen Verstärker  $K_1$  (gezeigt in [Fig. 5](#)), an den Addierer liefert, wobei das Drehmoment T bestimmt, das auf einen oder mehrere Räder aufzubringen ist, wodurch eine Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung, abhängig von der Richtung des Lehnens, entsteht. Alternativ können Steuerungsstrategien, die auf Fuzzy Logic basieren, eingesetzt sein.

**[0034]** Es ist klar, dass der Ansatz, Motordrehmomente einzustellen, ein Erreichen der Vor-

wärts-/Rückwärts-Stabilität erlaubt. In anderen Wörtern wird Stabilität dynamisch erreicht, indem sich die Einrichtungen des Fahrzeugs (in diesem Fall bestehend aus dem gesamten Fahrzeug) relativ zum Boden bewegen.

[0035] [Fig. 7](#) ist ein Blockdiagramm, das eine Einheit einer Anwendung einer Fahrerschnittstellen-Baugruppe bereitstellt, die allgemein durch die Nummer 273 gekennzeichnet ist. Eine periphere Mikrocomputer-Baugruppe 291 empfängt eine Eingabe sowohl von einem Joystick 292 als auch von einem Inklinometer 293. Das Inklinometer stellt Informationssignale über Teilung und Teilungsverhältnis bereit. (Die Bezeichnung „Inklinometer“, wie in diesem Zusammenhang überall in dieser Beschreibung und in den zugehörigen Ansprüchen benutzt, bezeichnet jede Vorrichtung, einschließlich Beschleunigungsmessern, Neigungswinkelsensoren, Gyroskopen, Bodenkraftsensoren oder jede Kombination daraus, wobei ein Ausgangsindikator von Abstand oder Abstandsverhältnis unabhängig von der Anordnung, die eingesetzt wird, um den Ausgang zu erreichen, bereitgestellt wird; wenn nur entweder der Abstand oder das Abstandsverhältnis als Ausgang bereitgestellt wird, kann die andere Variable durch geeignete Differenziation oder Integration in Bezug auf die Zeit beschafft werden.) Um in Kurven eine gesteuerte Schräglage des Fahrzeugs zu erlauben (wodurch die Stabilität beim Drehen erhöht wird), ist es auch möglich, ein zweites Inklinometer zu nutzen, um Informationen über eine Rollbewegung oder Rollverhältnis bereitzustellen, oder alternativ die Resultierende aus Systemgewicht und Zentrifugalkraft. Andere Eingaben 294 können ebenfalls wünschenswert als Eingabe zu der peripheren Mikrosteuerungs-Baugruppe 291 bereitgestellt werden. Solche anderen Eingaben können Signale umfassen, die von Schaltern (Knöpfen und Tasten) zur Stuhlanpassung in Ausführungsformen, in denen ein Stuhl bereitgestellt wird, gefiltert sind und zum Bestimmen spezialisierter Betriebsarten. Die periphere Mikrosteuerungs-Baugruppe 291 weist auch Eingänge zum Empfangen von Signalen von einem Batteriepack 271 über Batteriespannung, Batteriestrom und Batterietemperatur auf. Die periphere Mikrosteuerungs-Baugruppe 291 befindet sich über einen Bus 279 in Kommunikation mit der zentralen Mikrosteuerungsbaugruppe 272.

[0036] [Fig. 8](#) zeigt eine Steuerungsanordnung für die Motoren der rechten und linken Antriebsräder (entsprechend den Einzelheiten 110 von [Fig. 3](#)). Die Anordnung weist Inputs von  $\dot{Z}$ ,  $r_{wl}$  (Lineargeschwindigkeit des linken Rades in Bezug zum Weltkoordinatensystem) und  $r_{wr}$  (Lineargeschwindigkeit des rechten Rades) zusätzlich zu Richtungseingaben 3300, die von einer Joystick-Stellung entlang der X- und Y-Achsen eines Referenzkoordinatensystems bestimmt werden, auf. Die Inputs  $\dot{Z}$  und Fehlersignale X und (unten beschrieben) Gegenstand der jeweiligen

Verstärkungsfaktoren  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  und  $K_4$  werden Eingaben für den Addierer 3319, der den Grundbalanciermoment-Befehl für die Räder erzeugt, der in einer allgemeinen Weise oben in Verbindung mit [Fig. 5](#) oben beschrieben ist. Die Ausgabe des Addierers 3319 wird mit der Ausgabe des Gier-PID-Kreises 3316 (unten beschrieben) im Addierer 3320 kombiniert, dann im Dividierer 3322 dividiert und im Sättigungsbegrenzer 3324 begrenzt, um den linken Raddrehmoment-Befehl zu erzeugen. Ähnlich wird der Output des Addierers 3319 mit dem Output des PID-Kreises 3316 im Addierer 3321 kombiniert, dann im Dividierer 3322 dividiert und im Sättigungsbegrenzer 3325 begrenzt, um den rechten Raddrehmoment-Befehl zu erzeugen.

[0037] In [Fig. 8](#) bewegt ein Richtungseingang entlang der X-Achse das Referenzkoordinatensystem entlang seiner X-Achse relativ zu dem Weltkoordinatensystem (das die befahrene Oberfläche repräsentiert) mit einer Geschwindigkeit, die proportional zur Verschiebung des Joysticks ist. Eine Richtungseingabe entlang der Y-Achse rotiert das Referenzkoordinatensystem mit einer Winkelgeschwindigkeit, die proportional zu der Verschiebung des Joysticks ist, um seine Z-Achse. Es ist vorteilhaft, dass eine Bewegung des Joysticks in positiver X-Richtung hier interpretiert wird, Vorwärts-Bewegung zu bedeuten; eine Bewegung des Joysticks in negativer X-Richtung bedeutet Rückwärts-Bewegung. Ähnlich bedeutet eine Bewegung des Joysticks in positiver Y-Richtung Linksdrehen, von oben gesehen im Gegenuhrzeigersinn; eine Bewegung des Joysticks in negativer Y-Richtung bedeutet Rechtsdrehen, von oben gesehen im Uhrzeigersinn. Deshalb wird den Richtungseingaben Y und X eine Totzone durch die jeweiligen Totzonen-Kästen 3301 und 3302 gegeben, um die Neutralstellung des Joysticks zu erweitern, dann werden die Verstärkungsfaktoren K11 und K10 unterworfen, danach ratenbegrenzt durch die jeweiligen Begrenzer 3303 und 3304, die die Winkel- und Linearbeschleunigungen jeweils mit Bezug auf das Referenzkoordinatensystem begrenzen. Die Summe dieser Ausgaben, die durch den Addierer 3305 erreicht wird, wird die Referenzgeschwindigkeit  $Y_{ref}$ , wobei die Differenz dieser Ausgaben, die durch den Addierer 3306 erreicht wird, die Referenzgeschwindigkeit  $Y_{lref}$  wird. Diese Referenzgeschwindigkeiten werden in den Addierern 3308 und 3307 von den kompensierten Lineargeschwindigkeitsinputsignalen  $r_{wl}$  und  $r_{wr}$  für linke und rechte Räder (siehe Beschreibung unten in Verbindung mit [Fig. 35](#) für diese Größen) abgezogen, um Geschwindigkeitsfehlersignale ( $\dot{X}_l$ ) und ( $\dot{X}_r$ ) für linke und rechte Räder innerhalb des Referenzkoordinatensystems zu erhalten. Der Durchschnitt dieser Signale, der durch den Addierer 3317 und den Dividierer 3318 bestimmt wird, erzeugt wiederum ein lineares Beschleunigungsfehlersignal. Ein Verschiebungsfehlersignal X wird erzeugt, indem  $r_{wl}$  und  $r_{wr}$  in Integrierern 3310 und 3309 integriert wer-

den; wobei die Ergebnisse in den Sättigungsbegrenzern **3312** und **3311** begrenzt werden und dann deren Ausgaben durch den Addierer **3313** und den Dividierer **3315** gemittelt werden. Die Differenz zwischen diesen Verschiebungen, die durch den Addierer **3314** ermittelt wird, erzeugt das Gier-Fehlersignal **2**.

**[0038]** Das Gier-Fehlersignal **2** läuft durch einen Standard-Proportional + Integral + Differential(PID)-Steuerkreis **3316**, dessen Ausgabe mit der Ausgabe des Grundbalancier-Momentbefehls des Addierers **3319** kombiniert wird, um die individuellen Raddrehmomentbefehle zu erzeugen, die die Räder veranlassen, Vorwärts-Rückwärts-Stabilität aufrechtzuerhalten und zu bewirken, dass das Fahrzeug sich mit den Achsen des Referenzkoordinatensystems abgleicht und dem Ursprung folgt, wie von der Richtungseingabe **3300** angewiesen.

**[0039]** Die beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung sind lediglich beispielhaft gedacht, und zahlreiche Variationen und Modifikationen sind für die Fachleute offensichtlich. Alle diese Variationen und Modifikationen sollen, innerhalb des Bereiches der vorliegenden Erfindung, wie in den angefügten Ansprüchen beschrieben, liegen.

### Patentansprüche

1. Fahrzeug zum Transport einer menschlichen Person über eine gegebenenfalls irreguläre Oberfläche, wobei zu dem Fahrzeug gehören:  
 a. eine Tragplattform (**112**) zum Abstützen der Person, wobei die Tragplattform vordere und hintere und seitliche Flächen aufweist;  
 b. ein bodenberührendes Modul (**102; 104, 106**), das schwenkbar an der Tragplattform zur Aufhängung der Tragplattform über der Oberfläche angebracht ist, wobei das bodenberührende Modul wenigstens drei nicht-kolineare Bodenkontaktelement aufweist und stabil gegenüber einem Kippen im stationären Zustand sowohl nach vorn als auch nach hinten ist;  
 c. eine motorisierte Antriebsanordnung (**531, 532**), die an wenigstens einem der bodenberührenden Module (**102, 104, 106**) und die Tragplattform (**112**) zur Erzeugung einer Fortbewegung des bodenberührenden Moduls über die Oberfläche montiert ist; und  
 d. ein Steuerkreis, in dem die motorisierte Antriebsanordnung eingeschlossen ist, durch den dynamisch die Stabilität der Tragplattform (**112**) aufgrund des Betriebs der motorisierten Antriebsanordnung (**531, 532**) in der Weise beibehalten wird, dass eine spezifizierte Beschleunigung des bodenberührenden Moduls veranlasst wird.

2. Fahrzeug nach Anspruch 1, weiterhin mit einem Schwenkgelenk (**118**) zur schwenkbaren Kuppelung der Tragplattform mit dem bodenberührenden Modul.

3. Fahrzeug nach Anspruch 1, weiterhin mit einem Verriegelungsmechanismus zur Begrenzung der Bewegung der Tragplattform bezüglich des bodenberührenden Moduls.

4. Fahrzeug nach Anspruch 3, bei dem der Arretierungsmechanismus zur Begrenzung der Bewegung der Tragplattform bei Stromunterbrechung zu dem Steuerkreis aktiviert ist.

5. Fahrzeug nach Anspruch 1, weiterhin mit einer Betätigungsseinrichtung zur Einstellung eines Schwenkwinkels der Tragplattform bezüglich des bodenberührenden Moduls.

6. Fahrzeug nach Anspruch 2, bei dem zu dem bodenberührenden Modul (**102, 104, 106**) wenigstens ein Rad (**106**) hinter einer vertikalen Linie durch das Schwenkgelenk (**118**) und wenigstens ein Rad (**104**) vor der vertikalen Linie aufweist, während es sich auf dem Boden befindet.

7. Fahrzeug nach Anspruch 1, bei dem zu dem bodenberührenden Modul gehören:  
 a. ein erstes Rad, das um eine erste Achse drehbar ist; und  
 b. ein zweites Rad, das um eine zweite Achse drehbar ist, wobei die zweite Achse nicht kolinear zu der ersten Achse ist.

8. Fahrzeug nach Anspruch 1, bei dem der Steuerkreis derart konfiguriert ist, dass die Vorwärts- und Rückwärtsbewegung des Fahrzeugs durch Vor- und Rücklehnen auf der Radplattform (**112**) kontrolliert wird.

9. Fahrzeug nach Anspruch 1, weiterhin mit einer Handhabe (**116**), die an der Tragplattform montiert ist.

10. Fahrzeug nach Anspruch 1, weiterhin mit wenigstens zwei Bodenreaktionskraftsensoren zur Erzeugung eines Signals, dass dem Neigen einer Person derart zugeordnet ist, dass der Steuerkreis die motorisierte Antriebsanordnung abhängig von dem Signal betätigt.

11. Verfahren zur Steuerung eines Fahrzeugs mit einer Tragplattform (**112**) und einem bodenberührenden Modul (**102, 104, 106**), das schwenkbar mit der Tragplattform (**112**) verbunden ist, wobei das bodenberührende Modul im stationären Zustand stabil gegenüber Kippen sowohl nach vorn als auch nach hinten ist, wobei das Fahrzeug weiterhin eine motorisierte Antriebsanordnung (**131, 132**) zur Erzeugung einer Fortbewegung des Fahrzeugs besitzt, wobei die Tragplattform (**112**) eine Betriebsstellung aufweist, die bezüglich eines Kippens in einer Vorwärts-/Rückwärtsebene unstabil ist, wobei zu dem Verfahren gehören:

- a. Messen eines Schwenkwinkels der Tragplattform (**112**) bezüglich des bodenberührenden Moduls (**102**, **104**, **106**), und
- b. Regeln der motorisierten Antriebsanordnung (**531**, **532**) auf der Grundlage wenigstens des Schwenkwinkels der Tragplattform in der Weise, dass eine spezifizierte Beschleunigung des Fahrzeugs veranlasst wird.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

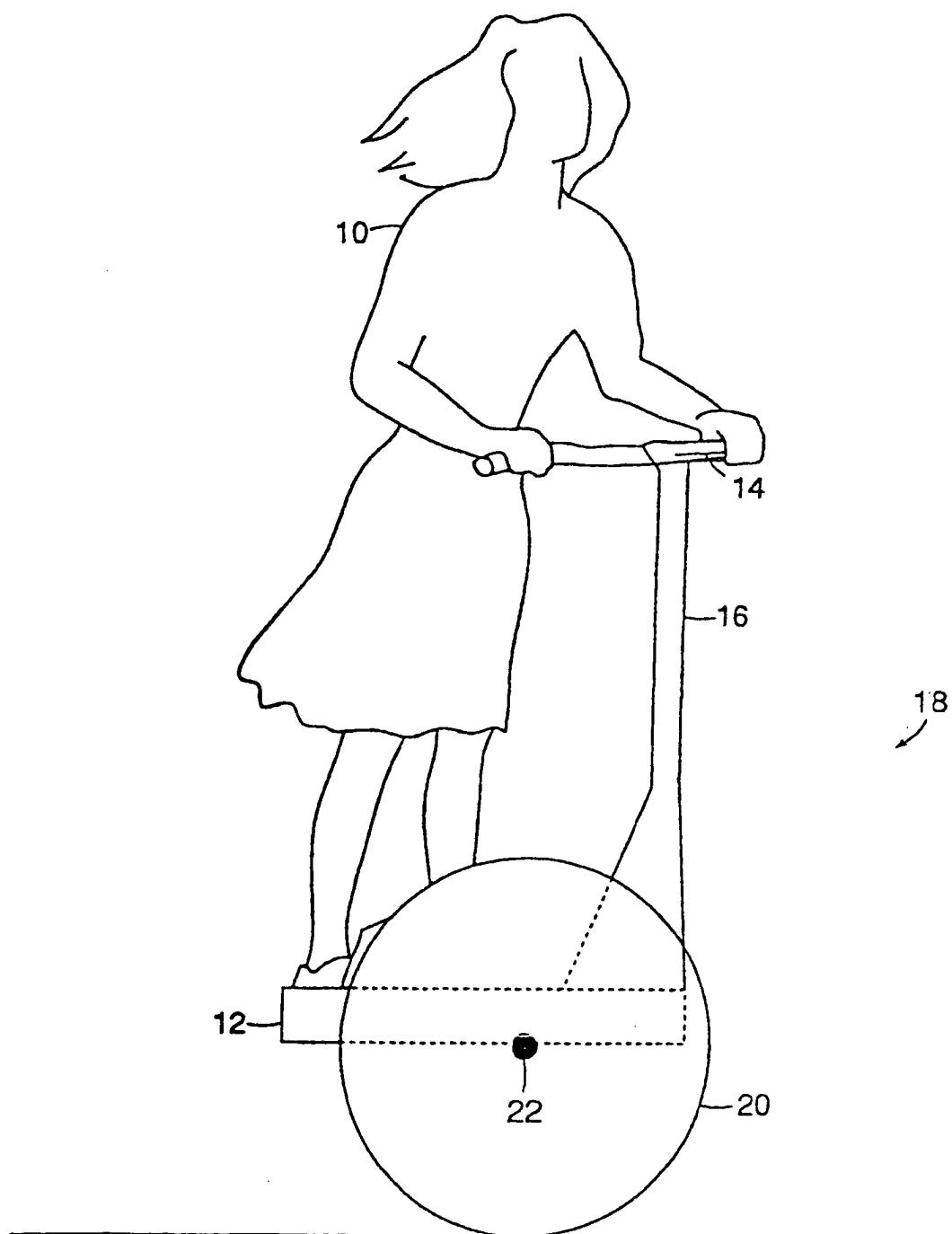


FIG. 1  
STAND DER TECHNIK

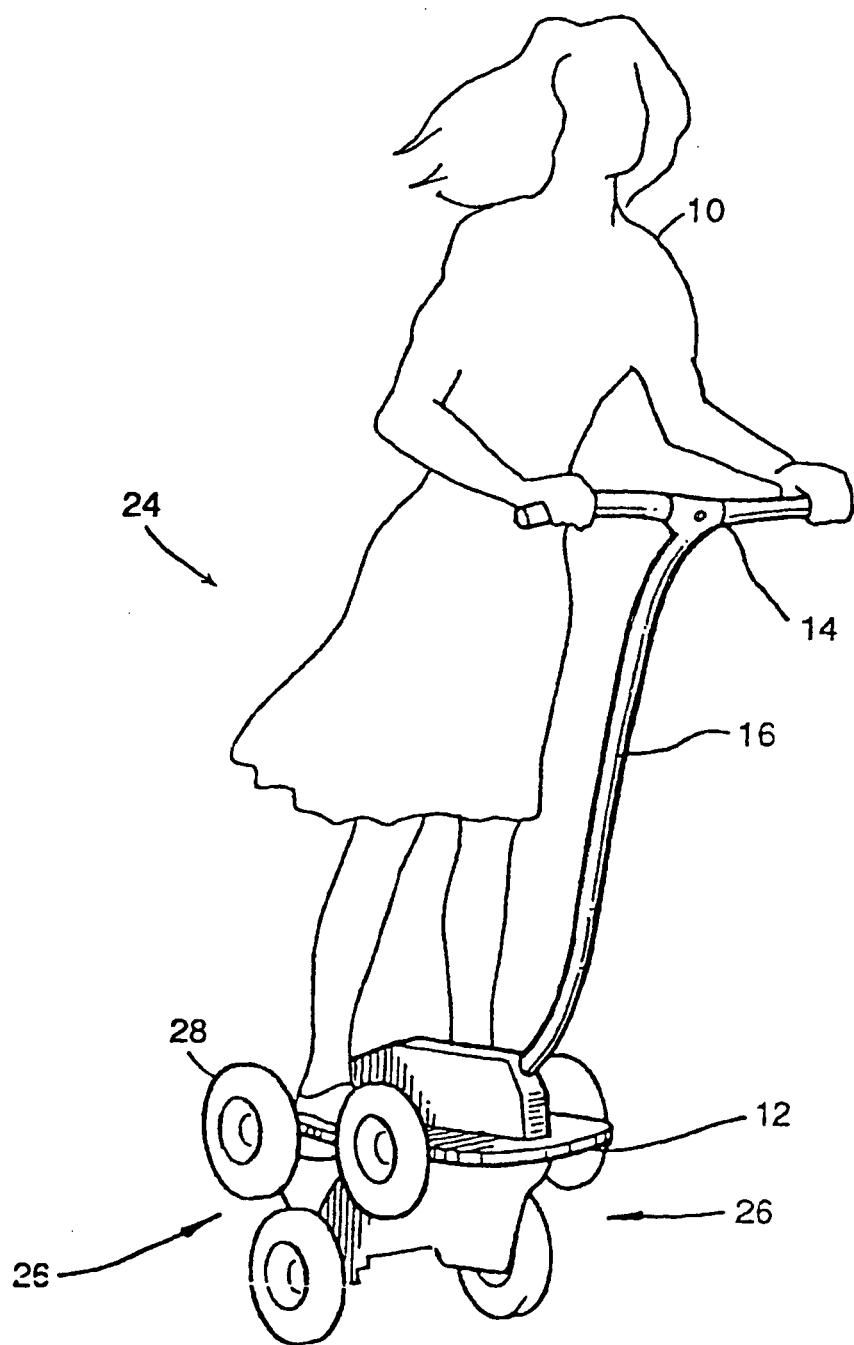


FIG. 2  
STAND DER TECHNIK

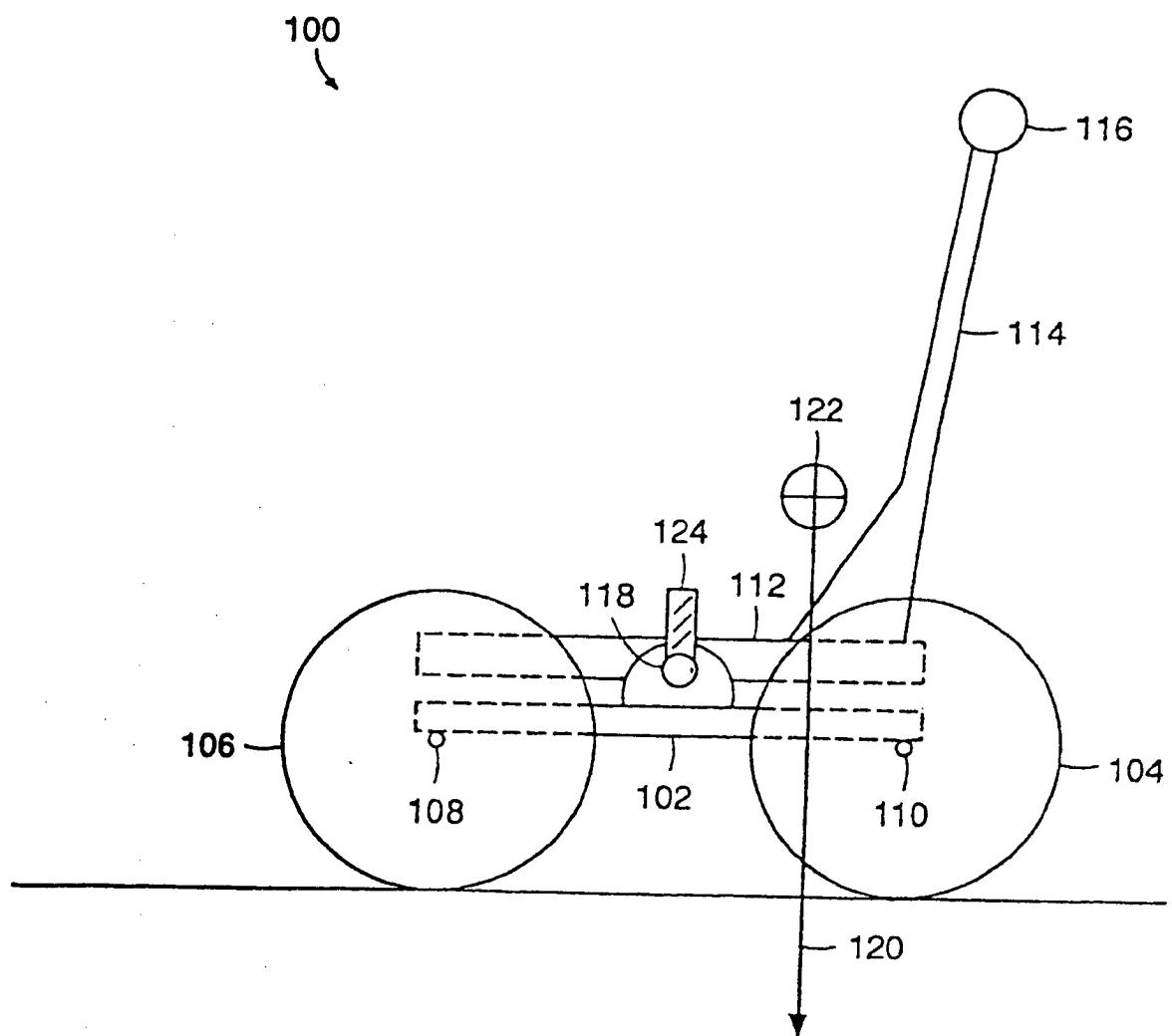


FIG. 3

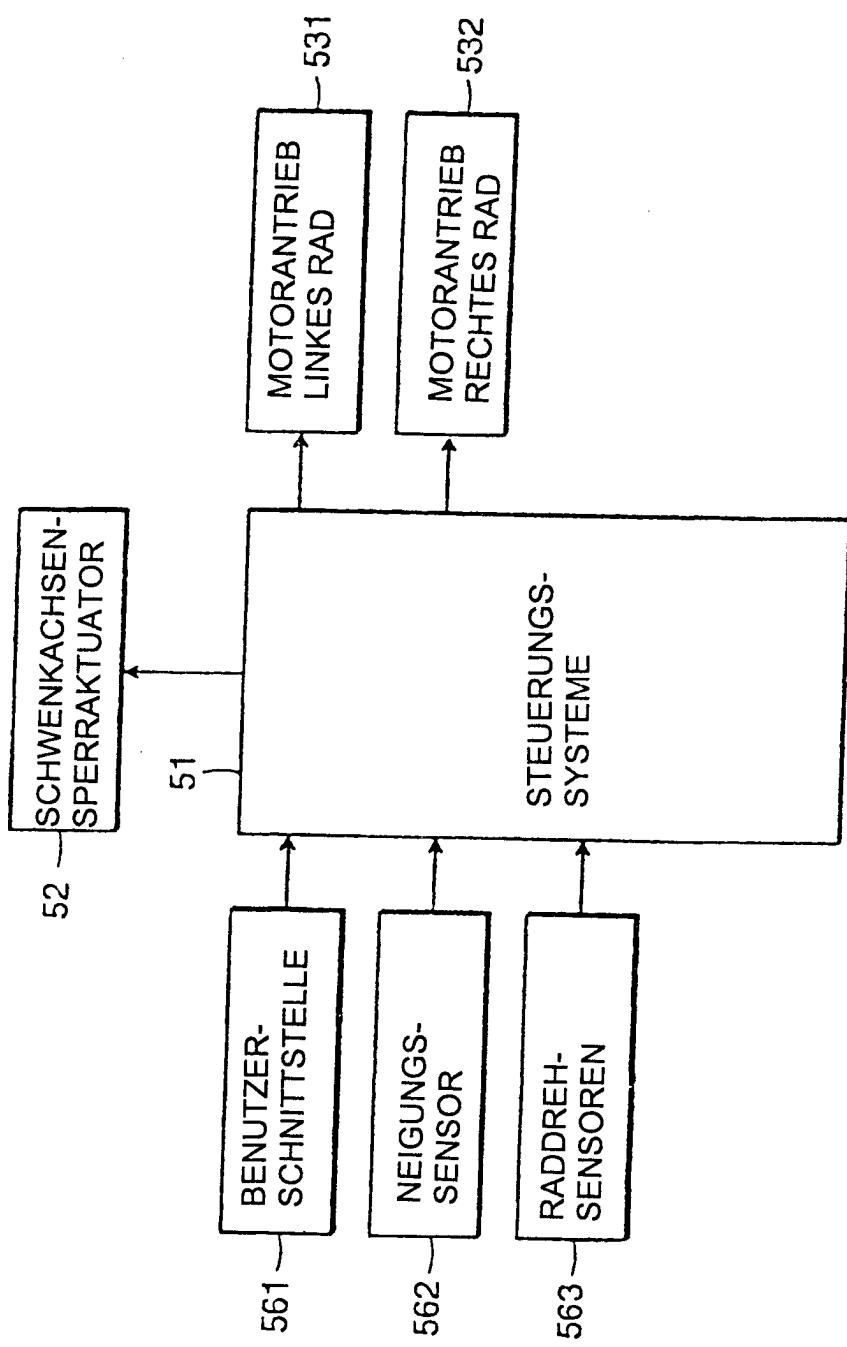


FIG. 4

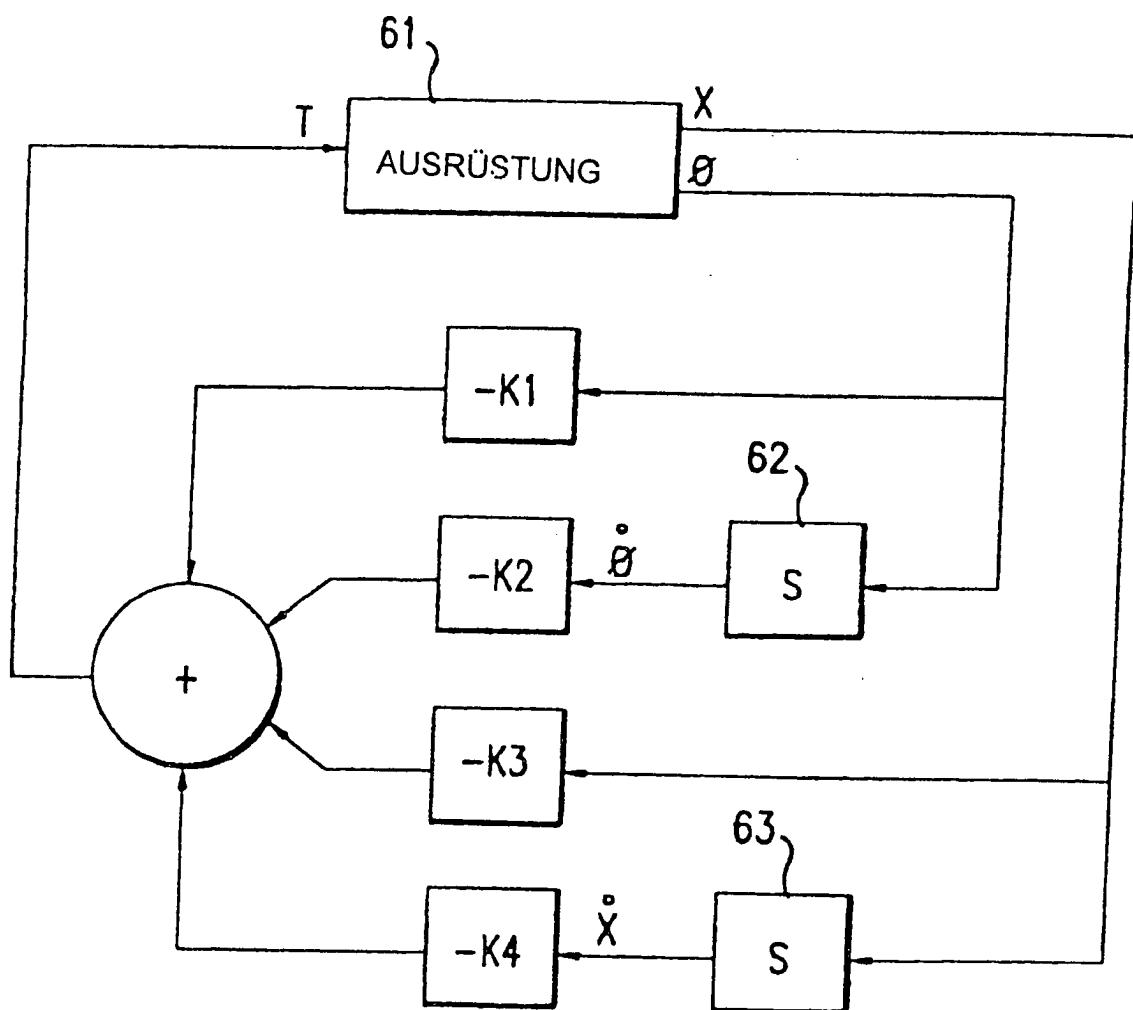


FIG. 5

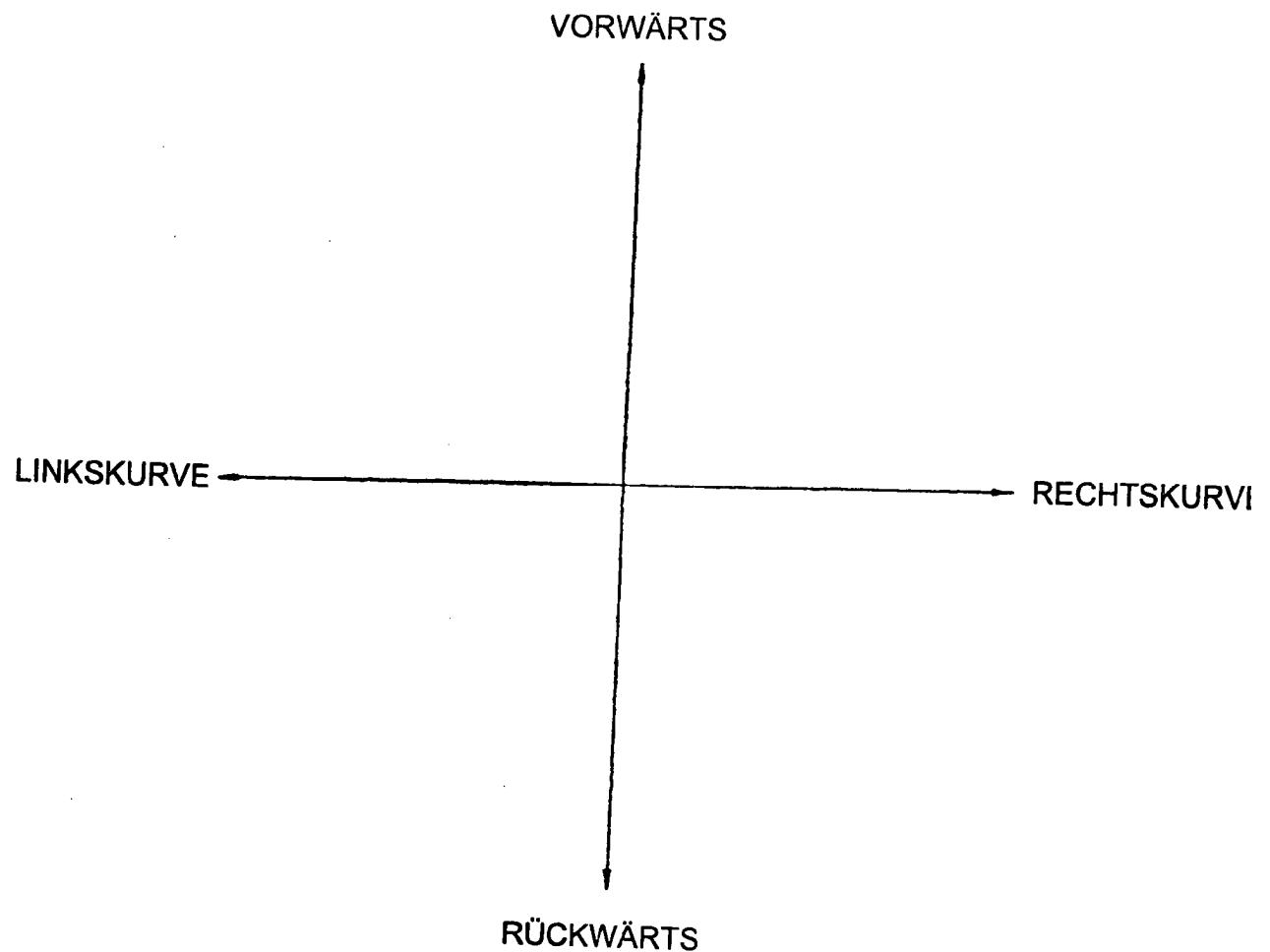


FIG. 6

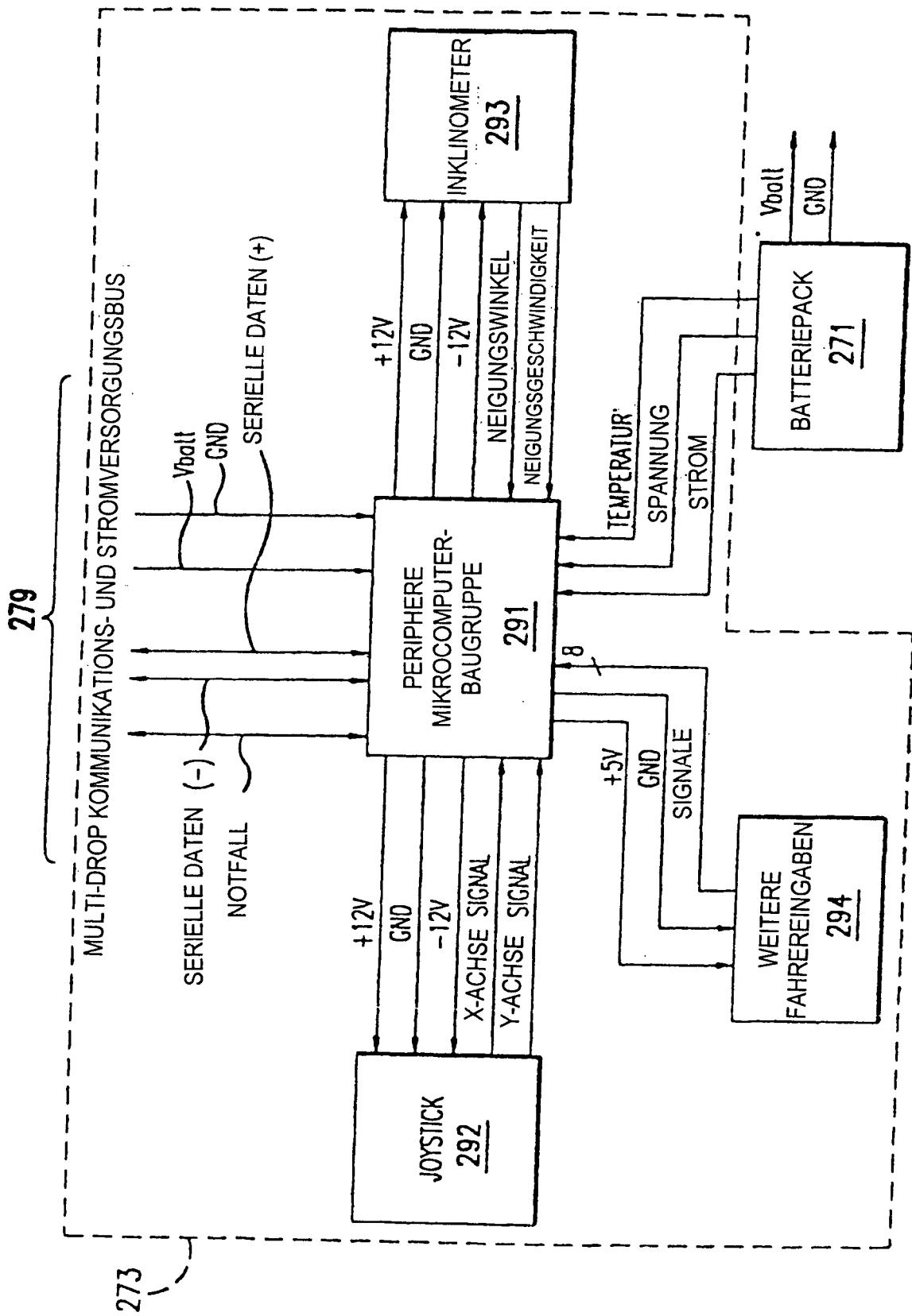
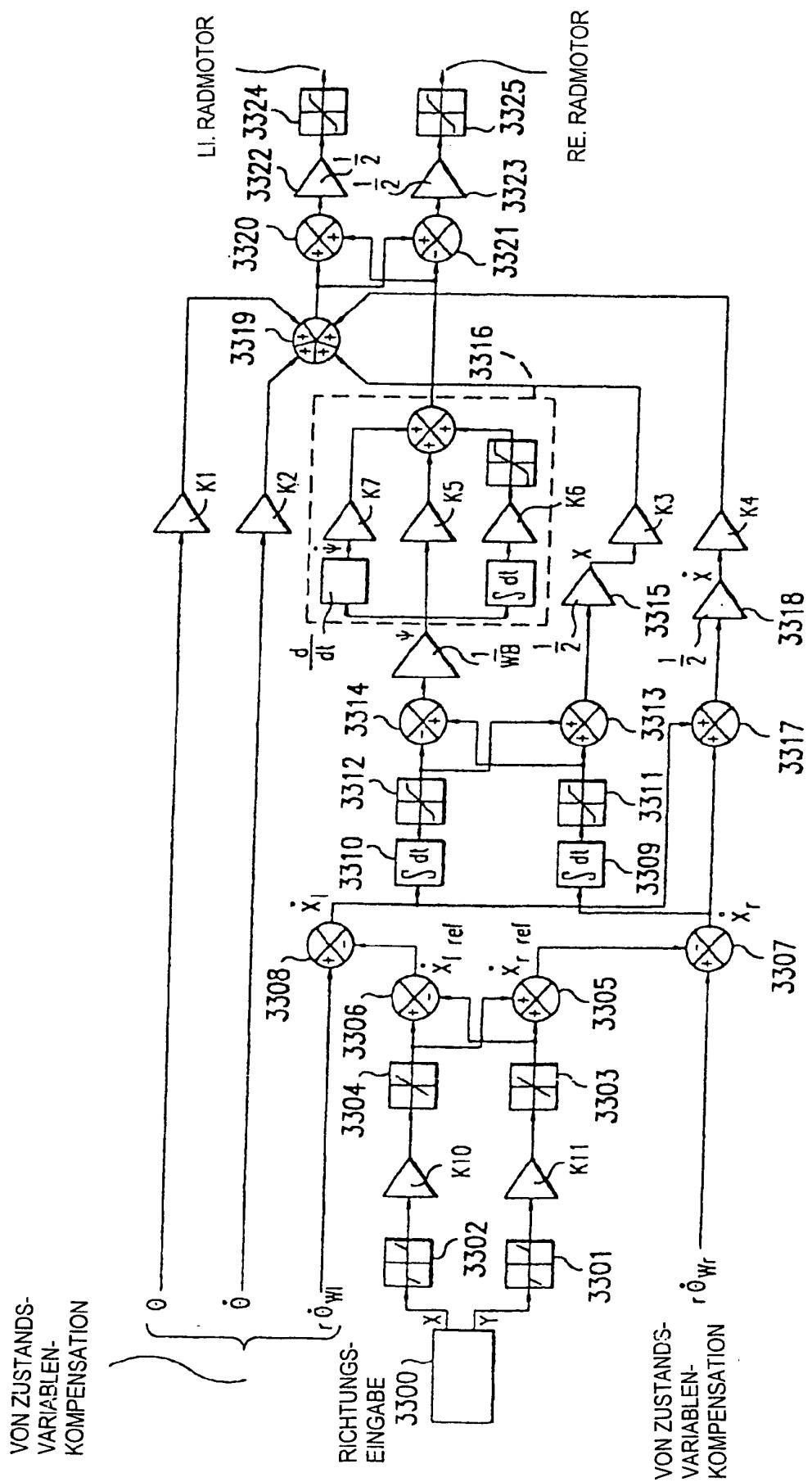


FIG. 7



8